



ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI E FONDAZIONE «GUIDO DONEGANI»

---

CONVEGNO

## **MICRO E NANOPLASTICHE: TRACCIABILITÀ, IMPATTO, STRATEGIE DI MITIGAZIONE**

8-9 APRILE 2026

### **ABSTRACT**

*Comitato ordinatore:* Lidia ARMELAO (Direttrice del Dipartimento di Chimica e Tecnologia dei Materiali CNR), Carlo BARBANTE (Linco, Università «Ca' Foscari» di Venezia), Silvia BORDIGA (Linco, Università di Torino), Sabrina Carola CARROCCIO (Presidente AIM), Gaetano GUERRA (Coordinatore, Linco, Università di Salerno), Vincenzo LUMIA (Direttore PlasticsEurope Italia - Federchimica), Luigi MONDELLO (Presidente SCI), Gianfranco PACCHIONI (Linco, Università di Milano), Francesco PETRACCHINI (Direttore del Dipartimento Terra e Ambiente del CNR), Barbara POZZO (Linco, Commissione Ambiente, Università dell'Insubria, UNESCO Chair on Gender Equality), Giuseppe RICCI (Presidente AIDIC), Paolo VINEIS (Linco, Imperial College London).

### **PROGRAMMA**

La proposta di Convegno Linco è basata sulla preoccupazione, condivisa dalle comunità scientifiche di tutto il mondo e dall'opinione pubblica, per la crescente presenza nell'ambiente di particelle solide di dimensione micrometrica e nanometrica provenienti da degradazione di materiali a base polimerica (microplastiche e nanoplastiche). La tematica è anche di grande rilevanza industriale visto che praticamente non esiste alcun settore merceologico che non utilizzi materiali polimerici. Per la comprensione dei problemi per l'ambiente e per la salute pubblica indotti da microplastiche e soprattutto per poter formulare possibili soluzioni è necessario mettere insieme competenze analitiche, macromolecolari, ambientali, biologiche, mediche, giuridiche e di chimica industriale. Tra gli obiettivi del Convegno c'è anche la preparazione di un "position paper" dell'Accademia su tale importante tematica.

#### **Mercoledì 8 aprile**

14.30 *Indirizzi di saluto*

Carlo DOGLIONI (Presidente della Classe di Scienze Fisiche e Naturali)

Gilberto PICHETTO FRATIN (Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica)

Andrea LENZI (Presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche)

**Chair:** Gaetano GUERRA (Linco, Università di Salerno)

14.50 Tutorial: Claudio PELLECCIA (Università di Salerno): *Produzione industriale di polimeri, polimeri riciclabili e polimeri biodegradabili*

**Chair:** Luigi MONDELLO (SCI, Università di Messina)

15.10 Maria CARERI (Università di Parma): *Micro e nanoplastiche: tracciabilità metrologica e sfide analitiche*

15.30 Pietro Giuseppe GUCCIARDI (CNR IPCF): *Uso di tecniche analitiche ottiche innovative di rilevamento di micro e nanoplastiche*

**Chair:** Francesco PETRACCHINI (CNR)

15.50 Francesca GARAVENTA (CNR IAS): *Non solo plastica: il ruolo ecotossicologico degli additivi e degli inquinanti adsorbiti nella valutazione della salute dell'ecosistema marino*

16.10 Fabiana CORAMI (CNR ISP): *Impatto delle micro/nano plastiche sull'ambiente ed in particolare sulle aree remote*

16.30 Coffee break

16.50 Angelina LO GIUDICE (CNR ISP): *Comunità microbiche associate alla plastica negli ambienti polari e il loro significato ecologico*

17.10 Presentazioni "flash" dei poster

**Chair:** Silvia BORDIGA (Lincea, Università di Torino), Sabrina Carola CARROCCIO (AIM)

#### Tracciabilità

1. Fazel A. MONIKH (Università di Padova): *Exposure protocol for ecotoxicity testing of microplastics and nanoplastics*
2. Antonio BUONERBA (Università di Salerno): *Micro (nano) plastiche da oligomeri sintetici persistenti nell'acqua del Mar Mediterraneo: analisi NMR completa, preoccupazioni e origini*
3. Valentina GIGLIO (CNR IPCB): *Indagine LC-MS sugli additivi plastici rilasciati dalle microplastiche derivate da pellicole pacciamanti di origine fossile e biodegradabile durante l'interramento nel suolo*
4. Enzo VENEZIA (Università di Napoli "Federico II"): *Modelli molecolari di nanoplastiche da polietilene semicristallino*
5. Luca CARENA (Università di Torino): *Impatto dell'inquinamento da nanoplastiche sull'ambiente acquatico e atmosferico*
6. Andrea Mario ROSSI (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica): *Un approccio innovativo per la tracciabilità delle nanoplastiche nell'acqua potabile mediante dielettroforesi-spettroscopia Raman*

#### Impatto su ambiente e salute

7. Veronica NAVA (Università Milano-Bicocca): *Impatto ecologico delle microplastiche su ambienti lacustri*
8. Simona ORTELLI (CNR ISSMC): *Formazione di Eco-Corona su Micro(Nano)plastiche*
9. Pasquale IOVINO (Università della Campania "L. Vanvitelli"): *Micro- e nanoplastiche nelle placche carotidee: identificazione analitica e rischio cardiovascolare*
10. Adriana PIETRODANGELO (CNR IIA): *Caratterizzazione delle emissioni nei luoghi di lavoro di microplastiche e nanoplastiche aerosolizzate*
11. Francesca DI PIPPO - (CNR IRSA): *Plastisfera in ambiente acquatico: biodiversità e rischi associati*
12. Fantina MADRICARDO (CNR ISMAR): *Inquinamento da plastica: il Trattato Globale sulle plastiche e le Missioni europee*

### Strategie di Mitigazione

13. Lucia CONZATTI (CNR SCITEC): *Comportamento di plastiche a base di PLA in ambiente marino*
14. Pierfrancesco CERRUTI (CNR IPCB): *Degradazione e destino ambientale dei film pacciamanti biodegradabili a base di PBAT post uso nel suolo agricolo*
15. Martina USSIA (CNR IMM): *Polymeric microrobot swarms per la cattura di microplastiche in acqua*
16. Teresa POERIO (CNR ITM): *Tecnologia a membrana per la mitigazione dell'impatto ambientale delle micro e nanoplastiche*
17. Letizia BOCCHI (Medica): *Contaminazione ematica da micro e nano plastiche: l'aferesi come possibile opzione terapeutica*
18. Chiara SARTI (Università di Firenze): *Destino ambientale delle microplastiche: dagli ecosistemi acquatici al consumo umano*

18.10 Visita ai Poster

### **Giovedì 9 aprile**

**Chair:** Carlo BARBANTE (Lincoo, Università «Ca' Foscari» di Venezia)

- 9.00 Paolo VINEIS (Lincoo, Imperial College London): *Le prove scientifiche dell'impatto delle micro- e nanoplastiche sulla salute*
- 9.20 Duccio CAVALIERI (Università di Firenze): *Comunità microbiche ambientali nella degradazione delle microplastiche*

**Chair:** Sabrina Carola CARROCCIO (AIM)

- 9.40 Annarita POLI (CNR ICB): *Uso di microorganismi estremofili e loro enzimi nella biodegradazione di plastiche*
- 10.00 Mariacristina COCCA (CNR IPCB): *Strategie analitiche e tecnologiche per il rilevamento, la quantificazione e la mitigazione di microplastiche e microfibre derivate dai tessuti*
- 10.20 Lucia PERRUCCI (Versalis): *L'implementazione del sistema Operation Clean Sweep (OCS) nei siti Versalis contro la dispersione di microplastiche*

10.40 Coffee break

### **Tavola rotonda: Micro e nanoplastiche: priorità per l'Italia e l'Europa**

**Coordinatori:** Gianfranco PACCHIONI (Lincoo, Università di Milano) e Giuseppe RICCI (AIDIC, ENI)

Antonello CIOTTI (PETcore Europe)

Sara GUERRINI (Novamont)

Franco MEROPIALI (Presidente PlasticsEurope Italia - Federchimica)

Giuseppe MILANO (Università di Napoli)

Barbara POZZO (Lincoo, Commissione Ambiente, Università dell'Insubria, UNESCO Chair on Gender Equality)

12.50 *Conclusioni*

*Il convegno è organizzato in collaborazione con CNR, Società Chimica Italiana, Associazione Italiana di Ingegneria Chimica, Associazione Italiana di Scienza e Tecnologia delle Macromolecole e Federchimica.*

ROMA - PALAZZO CORSINI - VIA DELLA LUNGARA, 10  
Segreteria del convegno: [convegni@lincei.it](mailto:convegni@lincei.it) - <http://www.lincei.it>

Tutte le informazioni per partecipare al convegno sono disponibili su:

<https://www.lincei.it/it/manifestazioni/micro-e-nanoplastiche-impatto-tracciabilita-strategie-di-mitigazione>

Per partecipare al convegno è necessaria l'iscrizione online  
I lavori potranno essere seguiti dal pubblico anche in streaming

Fino alle ore 10 è possibile l'accesso anche da Lungotevere della Farnesina, 10

L'attestato di partecipazione al convegno viene rilasciato esclusivamente a seguito di partecipazione in presenza fisica e deve essere richiesto al personale preposto in anticamera nello stesso giorno di svolgimento del convegno

## **Produzione industriale di polimeri, polimeri riciclabili e polimeri biodegradabili**

Claudio PELLECCIA (Università di Salerno)

I materiali polimerici rappresentano una componente essenziale dell'economia moderna, trovando applicazione in pressoché tutti i settori industriali, dal packaging all'edilizia, dai trasporti alla sanità. La loro diffusione su scala globale è il risultato di proprietà uniche quali leggerezza, versatilità, resistenza chimica e basso costo, che hanno reso le materie plastiche difficilmente sostituibili con altri materiali. Tuttavia, tali stesse caratteristiche, in particolare la stabilità chimica e la durabilità, sono alla base della crescente preoccupazione per l'accumulo nell'ambiente di rifiuti plastici e, in particolare, di micro- e nanoplastiche.

Questo tutorial intende fornire una panoramica introduttiva sulla produzione industriale dei principali polimeri sintetici, attualmente ancora in massima parte basati su materie prime fossili, illustrandone le principali classi, i processi produttivi e i settori di impiego. In questo contesto verranno discussi anche i limiti intrinseci dei materiali polimerici convenzionali in termini di fine vita e di persistenza ambientale, nonché le opportunità e le criticità del riciclo dei polimeri, che rappresenta una strategia fondamentale ma non risolutiva a causa della complessità dei flussi di rifiuto, del progressivo degrado delle proprietà dei materiali, nonché dell'impossibilità di ridurre a zero la dispersione nell'ambiente.

Infine, si introdurranno i polimeri biodegradabili come potenziale contributo alle strategie emergenti per la mitigazione dell'impatto ambientale delle plastiche. Verranno presentati esempi di polimeri già disponibili su scala industriale, quali i poliesteri alifatici, che sono anche riciclabili e ottenibili da fonti rinnovabili, evidenziandone potenzialità e limiti. In particolare, si discuterà il ruolo che tali materiali possono avere in specifiche applicazioni ad alto rischio di dispersione nell'ambiente, dove la biodegradabilità può contribuire a ridurre la persistenza delle microplastiche.

L'intervento si propone quindi di fornire un quadro generale, accessibile anche a un pubblico non specialistico, che colleghi la chimica dei polimeri alle problematiche ambientali attuali, mettendo in evidenza sia l'importanza industriale delle materie plastiche sia le possibili traiettorie di sviluppo verso sistemi più sostenibili.

### **Micro e nanoplastiche: tracciabilità metrologica e sfide analitiche**

Maria CARERI (Università di Parma)

L'inquinamento da microplastiche e nanoplastiche rappresenta una delle principali emergenze ambientali, con potenziali implicazioni sulla salute. Tuttavia, sebbene il rischio ambientale sia riconosciuto a livello globale, ad oggi le evidenze scientifiche conclusive sugli effetti avversi sulla salute sono limitate, a causa di significative lacune metodologiche nella misurazione dell'esposizione e nella comprensione degli effetti biologici a lungo termine [1].

Un primo passo verso la mitigazione di questo problema ambientale globale consiste nell'implementare sistemi di monitoraggio armonizzati e standardizzati con l'obiettivo di supportare l'elaborazione di politiche basate su dati affidabili e di azioni normative [2]. A tal fine, il progetto europeo PlasticTrace (EURAMET) ha affrontato il problema della riferibilità metrologica dei dati con l'obiettivo di sviluppare e armonizzare metodi analitici per l'identificazione, la caratterizzazione e la quantificazione di micro e nanoplastiche rilasciate in alimenti e in matrici ambientali [3-5], in accordo all'EU Circular Economy Action Plan.

E' comunque da evidenziare una mancanza di consenso internazionale su definizioni armonizzate sulle varie tipologie di plastiche in termini di dimensioni, morfologia e proprietà chimico-fisiche, che si traduce nella generazione di dati non coerenti e non confrontabili [6].

In questo contesto, l'analisi di micro e nanoplastiche rappresenta una delle sfide più complesse in diversi ambiti, con importanti implicazioni di carattere tossicologico, a causa della loro ubiquità, estrema eterogeneità (diverse composizioni polimeriche, forme irregolari), dimensioni ridotte, presenza a basse concentrazioni in matrici complesse, potenziale adsorbimento di composti tossici o di microorganismi patogeni [2,7]. Nel caso delle

nanoplastiche, una ulteriore sfida è rappresentata dai limiti delle tecniche analitiche comunemente utilizzate per la caratterizzazione di altri tipi di nanomateriali [5]. Questa complessità impone un approccio analitico integrato mediante combinazione di tecniche per la rivelazione, l'identificazione chimica delle forme polimeriche, la caratterizzazione fisica mediante tecniche di *imaging* e la quantificazione delle particelle, con attenzione alle fasi di trattamento del campione per una efficiente rimozione della matrice organica.

Per garantire risultati affidabili e confrontabili è altresì essenziale una armonizzazione e standardizzazione dei metodi analitici, con il supporto di una validazione esterna attraverso la partecipazione a circuiti inter-laboratorio e di materiali di riferimento rappresentativi, ad oggi presenti in misura molto ridotta. In questo contesto, il contributo del Joint Research Center (JRC) della Commissione Europea, con lo sviluppo del primo materiale di riferimento certificato basato su microplastiche di PET (EURM-060) prodotto in conformità agli standard ISO 17034:2016 e ISO 33405:2024, rappresenta un passo fondamentale per la standardizzazione delle analisi ambientali, supportando l'attuazione della Direttiva (UE) 2020/2184 (Recast-Drinking Water Directive). Il materiale di riferimento certificato aiuterà altresì ad implementare una metodologia armonizzata di campionamento ed analisi delle microplastiche nell'acqua potabile adottata dalla Commissione Europea [Decisione Delegata (UE) 2024/1441].

La letteratura scientifica sottolinea d'altra parte come molte pubblicazioni presentino carenze metodologiche nella fase di trattamento dei campioni e nelle condizioni di misura, mancanza di validazione dei metodi mediante materiali di riferimento per la tracciabilità metrologica e conseguente inaffidabilità dei dati analitici ed errori nell'interpretazione dei risultati [8]. In particolare, una recente rassegna ha rilevato evidenze poco chiare e talvolta contraddittorie in molti studi in relazione all'accumulo di microplastiche nei tessuti biologici, dal momento che le dimensioni delle microparticelle di plastica rilevate (da 100 a >5000  $\mu\text{m}$ ) sono biologicamente non compatibili con quelle delle membrane biologiche, ma rappresentano verosimilmente "falsi positivi" [9]. Carenze metodologiche rilevanti sullo sviluppo di metodi affidabili per la determinazione di micro e nanoplastiche nei tessuti umani sono state altresì riportate in una revisione critica di uno studio sul bioaccumulo di microplastiche nel cervello umano, evidenziando l'assenza di applicazioni di protocolli di controllo qualità rigorosi e di fasi di validazione, data peraltro la mancanza di standard armonizzati nel settore [10].

- [1] S.A. Sadique, M. Konarova, X. Niu, I. Szilagyi, N. Nirmal, L. Li, Impact of microplastics and nanoplastics on human Health: Emerging evidence and future directions, *Emerg. Contam.* 11, 2025, 100545.
- [2] Regulation (EU) 2025/2365 of the European Parliament and of the Council of 12 November 2025 on preventing plastic pellet losses to reduce microplastic pollution, *OJ L*, 26.11.2025.
- [3] R. Fernandes, P.-T. Miclea, M. Fadda, M. Putzu, A. Sacco, A.M. Rossi, A.M. Giovannozzi, M. Barbaresi, M. Masino, M. Mattarozzi, M. Careri, C. Palma, J. Almeida, C. Drago, O. Pellegrino, R. Quendera, U. Braun, R.J.N. Bettencourt da Silva, Inter-instrument definition of valid criteria for the automatic identification of microplastics by micro-Raman spectroscopy, *Talanta*, 298, 2026, 128834.
- [4] M. Putzu, M. Barbaresi, M. Fadda, A. Sacco, M. Piergiovanni, M. Masino, F. Bianchi, K. Altmann, N. Benismail, L. Coïc, I. Fenoglio, M. Mattarozzi, A.M. Rossi, M. Careri, A.M. Giovannozzi, Accuracy assessment of a micro-Raman spectroscopy method for small microplastic particles in infant milk formula, *Talanta Open*, 12, 2025, 100586.
- [5] D. Bartczak, A. Sikora, H. Goenaga-Infante, K. Altmann, R. Drexel, F. Meier, E. Alasonati, M. Lelong, F. Cado, C. Chivas-Joly, M. Fadda, A. Sacco, A.M. Rossi, D. Pröfrock, D. Wippermann, F. Barbero, I. Fenoglio, A.M. Booth, L. Sørensen, A. Igartua, C. Wouters, J. Mast, M. Barbaresi, F. Rossi, M. Piergiovanni, M. Mattarozzi, M. Careri, T. Caeborgs, A.-S. Piette, J. Parot, A.M. Giovannozzi, Multiparameter characterisation of a nanopolypropylene representative test material with fractionation, light scattering, high-resolution microscopy, spectroscopy, and spectrometry methods. *Environ. Sci. Nano*, 13, 2026, 1391-1405.
- [6] N.B. Hartmann, T. Hüffer, R.C. Thompson, M. Hassellöv, A. Verschoor, A.E. Daugaard, S. Rist, T. Karlsson, N. Brennholt, M. Cole, M.P. Herrling, M.C. Hess, N.P. Ivleva, A.L. Lusher, M. Wagner, Are We Speaking the Same Language? Recommendations for a Definition and Categorization Framework for Plastic Debris, *Environ. Sci. Technol.* 53, 2019, 1039-1047.
- [7] S. Choi, S. Lee, M.-K. Kim, E.-S. Yu, Y.-S. Ryu, Challenges and Recent Analytical Advances in Micro/Nanoplastic Detection, *Anal. Chem.* 96, 2024, 8846-8854.
- [8] J. Pinto da Costa, V. Reis, A. Paço, M. Costa, A.C. Duarte, T. Rocha-Santos, Micro(nano)plastics – Analytical challenges towards risk evaluation, *TrAC Trends Anal. Chem.* 111, 2019, 173-184.
- [9] C. Di Fiore, Y. Ishikawa, S.L. Wright, A review on methods for extracting and quantifying microplastic in biological tissues, *J. Haz. Mat.* 464, 2024, 132991.

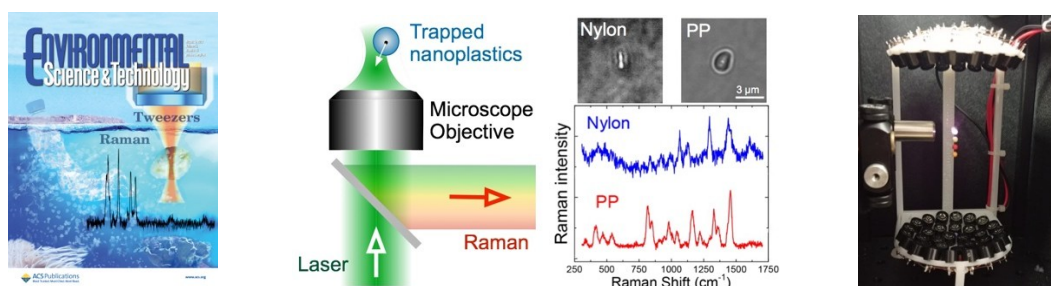
[10] F.A. Monikh, D. Materić, E. Valsami-Jones, H.-P. Grossart, K. Altmann, R. Holzinger, I. Lynch, J. Stubenrauch, W. Peijnenburg, Challenges in studying microplastics in human brain, Nat. Med. 31, 2025, 4034-4035.

## Uso di tecniche analitiche ottiche innovative di rilevamento di micro e nanoplastiche

Pietro Giuseppe GUCCIARDI (CNR IPCF)

L'inquinamento da micro-plastiche (MP), particelle inferiori ai 5  $\mu\text{m}$ , rappresenta un problema globale, con rischi connessi alla stabilità e tutela degli ecosistemi ed organismi acquatici, ma anche con impatti sulla catena alimentare (food & beverages) che si possono ripercuotere sulla salute umana. Le spettroscopie microRaman e microFTIR sono le tecniche analitiche ottiche di più largo impiego nella determinazione di numero, dimensione, forma e natura chimica delle MPs. Queste tecniche vengono usate per rilevare e quantificare la presenza di MP nelle acque, nelle bevande e nei tessuti ed organi degli esseri viventi, e sono di fondamentale importanza per valutar il grado di rischio e tossicità. Esiste tuttavia un vero e proprio *gap tecnologico* che riguarda la capacità di rivelare MPs direttamente nei loro mezzi acquosi naturali ed in matrici liquide complesse quali, ad esempio, i digestati di tessuti organici. Un problema ancora più serio riguarda, poi, la rilevazione di MP più piccole di  $1\mu\text{m}$ , o nanoplastiche (NP), dovuto alla risoluzione spaziale limitata dalla diffrazione ottica, e ai bassi livelli di segnale, dovuti ai volumi sempre più piccoli. Questo rende persino la semplice valutazione della presenza di piccole MP ( $< 10\mu\text{m}$ ) e NP sparse, o circolanti, in un flusso di liquido, una sfida in campo analitico [1].

In questo intervento, verranno introdotte due nuove metodologie sviluppate nei nostri laboratori: le Raman Optical Tweezers (RT) e le Raman Acoustic Tweezers (Raman-AT) [2 – 4]. Queste tecniche, sfruttando l'intrappolamento ottico ed acustico, consentono l'analisi Raman di micro- e nanoplastiche direttamente in liquido, a livello di singola particella. Nel primo caso (RT) sono le forze ottiche, generate da fasci laser fortemente focalizzati all'interno di circuiti microfluidici, che ci consentono di intrappolare ed analizzare chimicamente singole particelle, in liquido, fino a 300 nm di diametro. Nel secondo caso (Raman-AT), sfruttiamo onde sonore stazionarie per levitare in aria ed effettuare un'analisi "container-less" e "contact-less" di particelle plastiche millimetriche o sub-millimetriche, ma anche che gocce di liquido (acqua o digestati di tessuti) in cui sono disperse micro a nano plastiche dai 60  $\mu\text{m}$  fino ai 50 nm. Saranno mostrati gli apparati portatili sviluppati in questi ultimi anni e alcuni esempi di applicazioni proof-of-concept su campioni reali. Si presenterà infine una breve panoramica di alcune tecniche di "nanospettroscopia ottica," [5] metodologie analitiche non convenzionali, capaci di raggiungere sensibilità a livello di singola molecola e risoluzione spaziale a livello di pochi nanometri, e di come queste comincino ad avere un impatto nel campo della rivelazione delle nanoplastiche.



Si ringraziano i progetti MERLIN-MICROPLASTIQUE, COST-CA20101-PRIORITY, NextGenEU PNRR- SAMOTHRACE (ECS00000022), ECOSISTER-PURE (ECS00000033), PE0000023-NQSTI, e i PRIN2022-PLASTACTS (202293AX2L), FLASH2D (2022FWB2HE), SEMPER (20227ZXT4Z) per aver supportato questo lavoro.

## **Non solo plastica: il ruolo ecotossicologico degli additivi e degli inquinanti adsorbiti nella valutazione della salute dell'ecosistema marino**

Francesca GARAVENTA (CNR IAS)

L'inquinamento da plastica è diffuso in tutti gli ecosistemi acquatici ed è ampiamente riconosciuto come un contaminante emergente che si accumula nell'intera colonna d'acqua e nei compartimenti bentonici. Le stime attuali indicano che ogni anno circa 9,5 milioni di tonnellate di plastica finiscono negli oceani, dove subiscono una progressiva frammentazione ed invecchiamento. Le microplastiche (MP) rappresentano un fattore di stress multiforme per gli organismi marini, esercitando pressioni sia fisiche sia chimiche. Mentre le prime ricerche si concentravano in gran parte sugli effetti legati alle particelle, prove sempre più numerose evidenziano il ruolo centrale della dimensione chimica della plastica, compresa la presenza di additivi aggiunti intenzionalmente e di contaminanti acquisiti dall'ambiente. La plastica è formulata con un'ampia gamma di additivi — quali plastificanti, stabilizzanti, antiossidanti e ritardanti di fiamma — progettati per migliorarne le prestazioni e la durata. Parallelamente, le superfici della plastica assorbono efficacemente contaminanti organici idrofobici e metalli dall'acqua di mare. I processi di degradazione ambientale e di frammentazione favoriscono il rilascio di tali sostanze e il desorbimento dei contaminanti associati, tra cui idrocarburi policiclici aromatici (IPA), policlorobifenili (PCB) e metalli in tracce, aumentandone così la biodisponibilità. Queste sostanze possono essere trasferite agli organismi marini in seguito all'ingestione di plastica o tramite l'esposizione ai percolati della plastica, contribuendo a effetti tossicologici a diversi livelli di organizzazione biologica. La maggior parte delle sostanze chimiche associate alla plastica sono note o sospettate di essere pericolose per il biota marino, sollevando preoccupazioni riguardo alla tossicità delle miscele di tali sostanze, all'esposizione cronica e al conseguente trasferimento trofico.

Alla luce delle proiezioni che indicano un aumento costante delle emissioni globali di plastica nell'oceano, si prevede che quantità consistenti e crescenti di sostanze chimiche associate alla plastica verranno rilasciate negli ecosistemi marini. In questo contesto, il presente contributo offrirà una panoramica delle attività di ricerca volte a caratterizzare la composizione chimica dei lisciviati di plastica e a valutarne gli impatti ecotossicologici sugli organismi e sugli ecosistemi marini. Approfondire la comprensione dell'identità, del destino e degli effetti biologici delle sostanze chimiche rilasciate dalla plastica è essenziale per valutare accuratamente i rischi associati all'inquinamento da plastica e per sostenere lo sviluppo di formulazioni plastiche progettate per essere più sicure e a basso impatto. Tali conoscenze sono fondamentali non solo per la valutazione del rischio ambientale, ma anche per guidare l'innovazione nell'industria della plastica verso la sostituzione di additivi pericolosi con alternative più sostenibili.

### **Impatto delle micro/nano plastiche sull'ambiente ed in particolare sulle aree remote**

Fabiana CORAMI (CNR ISP)

From mid- to polar latitudes: sources, transport, and analytical methods for microplastics and plastic additives in the environment

Fabiana Corami<sup>1,2</sup>; Beatrice Rosso<sup>1,2</sup>, Roberta Zangrado<sup>1,2</sup>, Elisa Scalabrin<sup>1,2</sup>, Andrea Spolaor<sup>1,2</sup>, Elena Gregoris<sup>1,2</sup>, Tommaso Tesi<sup>3</sup>, Marco Vecchiato<sup>2</sup>, Carlo Barbante<sup>1,2</sup>, Andrea Gambaro<sup>1,2</sup>, Giuliana Panieri<sup>1</sup>.

1 Institute of Polar Sciences, CNR-ISP, Headquarters, Campus Scientifico – Ca' Foscari University of Venice, Via Torino, 155, 30172 Venezia-Mestre, Italy

2 Department of Environmental Sciences, Informatics, and Statistics, Ca' Foscari University of Venice, Via Torino, 155, 30172 Venezia-Mestre, Italy

3 Institute of Polar Sciences, CNR-ISP, secondary branch, Bologna Research Area, Via P. Gobetti, 101 - 40129 Bologna (BO)

There is a pressing need to deepen our understanding of plastic and plastic-related pollution, and how microplastics and plastic additives reshape the environment, significantly affecting organisms and even human beings. Therefore, several knowledge gaps must be filled, e.g.,

sources, transport pathways, and analytical methods for unambiguous identification and robust quantification of these particles in abiotic and biotic environmental compartments. It is crucial to address the issue of the sizes of microplastics (MPs) and other anthropogenic particles, i.e., plastic additives (e.g., antioxidants, lubricants, vulcanizers, flame retardants, cross-linking agents), tire wear and road particles (TWRPs), artificial fibers, and bioplastics. The size range of microplastics is from 1  $\mu\text{m}$  to 5 mm. While the largest fraction has been overly studied, particles below 100  $\mu\text{m}$  are often overlooked. It should be highlighted that MPs < 100  $\mu\text{m}$  (small microplastics, SMPs) and other anthropogenic particles < 100  $\mu\text{m}$  can be easily ingested by the organisms at the very low levels of the trophic web; once entered the trophic web, these particles can significantly affect the organisms, due to bioaccumulation and biomagnification, and can have relevant impacts also on human beings. Therefore, according to the One Health Approach, it is vital to investigate the occurrence and the load of MPs and other anthropogenic particles and identify bioindicators of plastic- and plastic-related pollution in the environment. Besides, the smaller the particles, the further they can travel from mid-latitude regions into polar areas. Due to global climate change, these seemingly remote areas are now facing significant challenges. Henceforth, it is crucial to investigate various environmental matrices, such as atmospheric aerosols, water, sediments, and snow, to evaluate the loads, sinks, and sources of these pollutants, as well as their transport pathways. All the data will contribute to the design of remedial actions and the planning of mitigation strategies.

Since there is a lack of standardization in the sampling and analytical procedures, necessary for robust, accurate, replicable, and reliable data, our research has been dedicated to the development of methods that allow a representative sampling and the collection of all the anthropogenic particles in the environmental matrices, despite any difference in particle density and without any loss of polymers and other particles. It should be emphasized that MPs and other anthropogenic particles must be unequivocally identified; thus, analytical techniques such as vibrational spectroscopy and pyrolysis/GC-MS must be used. As a matter of fact, the methods we developed allow retrieving particles in a wide range of densities (> 2 g/cm<sup>3</sup>), diminishing the analytical interferences, leading to an optimal identification via vibrational spectroscopy (using Micro-FTIR Nicolet™ iN™ 10 (Thermo Fisher Scientific) and Nicolet™ RaptIR™ + FTIR Microscope) and a robust quantification (via microscopic counting), without under- or overestimations. The methods developed also allow a simultaneous extraction of MPs and all the other anthropogenic particles in the matrices, constantly checking the plastic contamination, by employing a strict QA/QC protocol and by operating in a plastic-free clean room ISO 7, where all the benches, cabinets, floor, and ceiling are made of stainless steel. Besides, we employed a multi-technical approach to cross-validate our results, e.g., combining vibrational spectroscopy with pyr/GC-MS or with Orbitrap mass spectrometry, a high-resolution technique. This approach allows us to gain valuable insights into the concentrations of these emerging pollutants across various environments. Besides, the methods developed for various environmental matrices (from sediments to snow from glaciers, atmospheric aerosols, wastewater, waters for human consumption, and various species of organisms, including alien species such as *Callinectes sapidus* in the Venice Lagoon) were successfully applied at the mid- and high latitudes, i.e., polar areas.

Our research focuses on both fragile environmental areas in mid-latitudes (e.g., the Mediterranean Sea and Venice Lagoon) and polar areas in the Arctic and Antarctic, primarily to better understand the transport routes of SMPs and plastic additives, a large class of emerging pollutants. With regard to the latter, only a few are known to have negative impacts on the environment and health (some of them have, in fact, been banned, but are still present in the environment), but little or nothing is known about many others. It was thought that plastic additives were weakly bound to plastic polymers and were therefore easily leachable. Instead, plastic additives can be added at any stage of plastic object production, with very different interactions with the polymers. In fact, some additives are even embedded in the polymers. Furthermore, plastic additives account for up to 80% of a plastic object's mass. Therefore, they

can also fragment and yield particles that can travel through the environment alongside MPs, TWRPs, and bioplastics.

Therefore, our studies aimed to develop methods and to understand potential sources, sinks, and transport pathways. Due to global climate change, it is crucial to understand how short-, long-, and local-distance transport can affect different latitudes, especially in polar regions, as plastic pollution affects albedo, sea ice formation, and the freezing and thawing cycles of glaciers and permafrost. The data obtained from our studies can then be used to optimize measurement standardization, obtain information on the fate of emerging pollutants, especially plastic additives and their metabolites, transfer knowledge from mid-latitudes to polar regions, expand knowledge in these latter areas, and build models to better plan mitigation strategies.

#### Bibliografia

1. Corami, F., Rosso, B., Morabito, E., Rensi, V., Gambaro, A., & Barbante, C. (2021). Small microplastics (< 100 µm), plasticizers and additives in seawater and sediments: Oleo-extraction, purification, quantification, and polymer characterization using Micro-FTIR. *Science of The Total Environment*, 797, 148937.
2. Corami, F., Rosso, B., Sfriso, A. A., Gambaro, A., Mistri, M., Munari, C., & Barbante, C. (2022). Additives, plasticizers, small microplastics (< 100 µm), and other microlitter components in the gastrointestinal tract of commercial teleost fish: Method of extraction, purification, quantification, and characterization using Micro-FTIR. *Marine Pollution Bulletin*, 177, 113477.
3. Corami, F., Rosso, B., Bravo, B. (2025) Improved Analysis of Microplastics and Other Microlitter Components in Environmental Samples. Application Note. ThermoFisher Scientific. <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/CAD/Application-Notes/microplastics-and-microlitter-analysis-mcs-an1267-en.pdf>
4. Corami, F. (2026). Analysis of Microplastics and Small Microplastics (< 100 µm) in Natural Waters via Micro-FTIR. In *Microplastic Pollution* (pp. 105-140). Jenny Stanford Publishing. Taylor & Francis Group
5. Iannilli, V., Pasquali, V., Setini, A., & Corami, F. (2019). First evidence of microplastics ingestion in benthic amphipods from Svalbard. *Environmental research*, 179, 108811.
6. Philipp, C., Collard, F., Halsband, C., Herzke, D., Vitale, G., Corami, F., ... & Hallanger, I. G. (2025). Microplastic and other anthropogenic particles in surface waters of the Isfjorden system (Svalbard). *Environmental Pollution*, 127563.
7. Rosso, B., Corami, F., Barbante, C., & Gambaro, A. (2023a). Quantification and identification of airborne small microplastics (< 100 µm) and other microlitter components in atmospheric aerosol via a novel elutriation and oleo-extraction method. *Environmental Pollution*, 318, 120889.
8. Rosso, B., Scoto, F., Hallanger, I. G., Larose, C., Gallet, J. C., Spolaor, A., ... & Corami, F. (2024). Characteristics and quantification of small microplastics (< 100 µm) in seasonal svalbard snow on glaciers and lands. *Journal of Hazardous Materials*, 467, 133723.
9. Rosso, B., Gregoris, E., Litti, L., Zorzi, F., Fiorini, M., Bravo, B., ... & Corami, F. (2023). Identification and quantification of tire wear particles by employing different cross-validation techniques: FTIR-ATR Micro-FTIR, Py-GC/MS, and SEM. *Environmental Pollution*, 326, 121511.
10. Sfriso, A. A., Tomio, Y., Rosso, B., Gambaro, A., Sfriso, A., Corami, F., ... & Munari, C. (2020). Microplastic accumulation in benthic invertebrates in Terra Nova bay (Ross Sea, Antarctica). *Environment international*, 137, 105587.

### **Comunità microbiche associate alla plastica negli ambienti polari e il loro significato ecologico**

Angelina LO GIUDICE (CNR ISP)

*Papale Maria, Caruso Gabriella, Azzaro Maurizio, Lo Giudice Angelina\**  
*Istituto di Scienze Polari, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Spianata S. Raineri 86, 98122 Messina; \**  
*angelina.logiudice@cnr.it*

Le microplastiche — frammenti invisibili derivati dalla degradazione dei rifiuti plastici — non sono più un problema confinato alle città o ai mari affollati: oggi raggiungono anche le regioni più remote del pianeta, come l'Artico, l'Antartide e le grandi aree montane ghiacciate. Qui, in ambienti considerati tra i più incontaminati della Terra, questi materiali diventano vere e proprie "isole" su cui si sviluppano comunità di microrganismi, dando origine a quello che gli scienziati chiamano plastisfera.

Gli studi condotti da ricercatori dell'Istituto di Scienze Polari del Consiglio Nazionale delle Ricerche hanno analizzato come batteri e altri microrganismi colonizzano le superfici plastiche in questi ambienti estremi. I risultati mostrano che, anche a temperature molto basse e in

condizioni ambientali difficili, i microrganismi riescono ad aderire rapidamente alla plastica, formando biofilm complessi e attivi dal punto di vista metabolico. In Antartide, ad esempio, esperimenti con pannelli di plastica immersi nell'ambiente hanno rivelato che diverse specie microbiche si susseguono nel tempo, creando comunità stabili che sopravvivono persino durante il lungo inverno polare. Nell'Artico, analisi condotte nel Mare di Groenlandia hanno individuato batteri adattati al freddo, tra cui alcune specie potenzialmente patogene appartenenti al genere *Vibrio*, oltre a microrganismi resistenti a diversi antibiotici.

Questi risultati sollevano nuove preoccupazioni. Le microplastiche non sono solo inquinanti fisici, ma possono diventare vettori di diffusione per batteri e geni di resistenza agli antibiotici, contribuendo a modificare gli equilibri naturali degli ecosistemi. Inoltre, fungono da "vettori" per la diffusione di microrganismi tra ambienti diversi, come acque dolci, ghiaccio e suoli. Un aspetto particolarmente rilevante riguarda il loro potenziale ruolo come indicatori ambientali: la presenza e le caratteristiche delle comunità microbiche che colonizzano le microplastiche possono fornire informazioni preziose sullo stato di salute degli ecosistemi e su come essi rispondano all'impatto dei cambiamenti climatici e delle attività umane.

Sebbene le conseguenze a lungo termine siano ancora poco conosciute, è chiaro che anche i luoghi più remoti del pianeta sono vulnerabili all'impatto umano. Per questo motivo, gli scienziati sottolineano l'urgenza di intensificare le ricerche e di promuovere politiche volte a ridurre la plastica, per proteggere ambienti fragili e fondamentali per l'equilibrio globale. Ogni frammento di plastica che raggiunge i Poli porta associato a sé un mondo invisibile: conoscerne la composizione rappresenta oggi una delle sfide più urgenti per chi studia la salute del nostro pianeta.

### **Comunità microbiche ambientali nella degradazione delle microplastiche**

Duccio CAVALIERI (Università di Firenze)

Le microplastiche sono uno dei contaminanti ambientali più pervasivi in sistemi acquatici, terrestri e atmosferici. La loro stabilità chimica, idrofobicità e scarsa biodegradabilità le rendono resistenti alle tecniche di rimozione convenzionali. Recentemente, vista la maggiore promessa di potenziale degradabilità, l'attenzione si è spostata sulle bioplastiche, che presentano però simili problematiche riguardo ai tempi di degradazione nell'ambiente. Infatti, nonostante la percezione *environmentally friend*, la degradabilità di queste plastiche prevede specifiche e controllate condizioni di temperatura, umidità e microrganismi presenti. Le comunità microbiche sono oggi considerate uno degli strumenti più promettenti per la trasformazione e la degradazione controllata di queste particelle di polimeri sintetici di dimensioni inferiori a 5 mm. I risultati della degradazione variano notevolmente a seconda della struttura del polimero, delle condizioni ambientali e delle dinamiche della comunità microbica. Inoltre, una depolimerizzazione incompleta può generare prodotti intermedi con distinte implicazioni ecologiche. In questo contributo si presenterà un'analisi critica dello stato dell'arte sul ruolo delle comunità microbiche nella biodegradazione delle microplastiche, distinguendo tra depolimerizzazione, biotrasformazione e mineralizzazione completa e valutando i tempi in cui questi processi raggiungono il risultato. In quest'ottica è di particolare importanza esaminare anche i processi di pre-condizionamento abiotico, in ambienti naturali o all'interno di animali. L'accumulo di microplastiche in organi animali, quali l'apparato digerente, può infatti favorire la costruzione di consorzi microbici con ruoli funzionali distribuiti tra singoli ceppi, ognuno dei quali può possedere solo una parte delle funzioni enzimatiche necessarie alla degradazione. Recenti lavori del nostro gruppo di ricerca hanno dimostrato che l'anfipode sopraplitorale *Talitrus saltator* (il "talitro") sia in grado di ingerire attivamente rifiuti bioplastici. Gli ambienti litorali sono particolarmente a rischio, in quanto ricevono e accumulano rifiuti sia dal versante terrestre che marino. Per questi motivi, abbiamo valutato l'ingestione di diverse tipologie di polimeri da parte di questo crostaceo semiterrestre. I nostri risultati mostrano, oltre al consumo attivo di diverse tipologie di polimeri, una degradazione parziale della bioplastica durante il transito intestinale. La profilazione metagenomica ha dimostrato un adattamento delle

comunità microbiche intestinali all'alimentazione a base di bioplastica, evidenziando una selezione positiva di generi microbici associati alla degradazione della stessa, suggerendo un loro ruolo nella digestione parziale dei polimeri. Questo studio mostra l'importanza di proteggere queste comunità di anfipodi per migliorare il naturale potenziale degradativo dei nostri ecosistemi in un'ottica di "self sustainability of ecosystem health". La possibilità di ingegnerizzare e potenziare le capacità degradative di questo e di altri sistemi su una scala paragonabile all'aumento esponenziale dell'inquinamento da bioplastiche costituisce oggi la sfida più grande. Sebbene i progressi nell'ingegneria enzimatica e nella biologia sintetica abbiano la potenzialità di migliorare significativamente l'efficienza della depolimerizzazione in condizioni controllate, la scalabilità, la conformità normativa e la valutazione del rischio a livello di ecosistema sono oggi le principali sfide. Rimane quindi di grande importanza considerare la fattibilità dell'integrazione dei processi di degradazione microbica, dentro e fuori dell'ospite, in sistemi in grado di velocizzare il processo di biotrasformazione, riducendo l'effettivo rischio ecologico dell'inquinamento da plastiche.

### **Uso di microrganismi estremofili e loro enzimi nella biodegradazione di plastiche**

Annarita POLI (CNR ICB)

Ilaria Finore<sup>1</sup>, Andrea Cattaneo<sup>1</sup>, Ida Romano<sup>1</sup>, Luigi Leone<sup>1</sup>, Claudia Sanfilippo<sup>2</sup>, Angela Patti<sup>2</sup>, Gabriella Santagata<sup>3</sup>, Giovanni Dal Poggetto<sup>3</sup>, Annarita Poli<sup>1\*</sup>

\* [annarita.poli@cnr.it](mailto:annarita.poli@cnr.it)

<sup>1</sup>Istituto di Chimica Biomolecolare, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Via Campi Flegrei 34, 80078 Pozzuoli, Napoli;

<sup>2</sup>Istituto di Chimica Biomolecolare, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Via Paolo Gaifami, 18, 95126 Catania

<sup>3</sup>Istituto per i Polimeri, Compositi e Biomateriali, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Via Campi Flegrei 34, 80078 Pozzuoli, Napoli

L'inquinamento da plastica rappresenta un'importante sfida globale, con milioni di tonnellate che ogni anno finiscono negli oceani, minacciando la vita marina, l'integrità degli ecosistemi e la salute umana. Negli ultimi anni, si è registrato un incremento notevole di ricerche finalizzate a definire possibili soluzioni. Tra queste, l'identificazione di microrganismi in grado di degradare la plastica rappresenta uno strumento eco-compatibile e ancora in gran parte inesplorato. Sfruttare la diversità metabolica dei microrganismi estremofili (batteri che prosperano in condizioni ambientali inospitali dal punto di vista antropogenico) e dei loro complessi sistemi enzimatici, può rappresentare un'alternativa sostenibile alla gestione convenzionale dei rifiuti di plastica.

Gli studi condotti da ricercatori dell'Istituto di Chimica Biomolecolare (ICB) del Consiglio Nazionale delle Ricerche hanno evidenziato la presenza, nella Collezione di Estremofili conservata presso la sede di Pozzuoli (CE-ICB, facente parte del nodo MIRRI.IT Italian Microbial Resource Research Infrastructure, <https://www.mirri-it.it/>), di specie batteriche in grado di degradare polimeri plastici. Partendo dal sequenziamento dei loro genomi, e con l'ausilio di strumenti bioinformatici, i ricercatori dell'ICB hanno messo in luce la presenza di geni codificanti enzimi candidati per la digestione di poliesteri. In particolare, gli psicrofilo *Pseudomonas* sp. ceppo 2ASCA, isolato da pozze di disgelo dell'Artico, e i ceppi *Psychrobacter* ASPA161\_6 e *Psychrobacter* ASPA161\_9, isolati da sedimenti marini prelevati nel mare di Ross in prossimità della Stazione Mario Zucchelli in Antartide, hanno mostrato la produzione di enzimi attivi quali lipasi e carbossilesterasi, necessari ai processi degradativi. Esperimenti condotti allestendo biotrasformazioni enzimatiche e crescite microbiche in presenza di materiali quali ad esempio il poli(etilene adipato) (PEA) e polibutilene succinato (PBS), hanno fornito indicazioni preziose circa il contributo microbico nella biodegradazione sostenibile aprendo una strada promettente per la promozione di un'economia circolare della plastica. Questi risultati gettano le basi fondamentali per lo sviluppo di tecnologie basate sui microrganismi per mitigare l'inquinamento da plastica, offrendo soluzioni scalabili e green per la protezione e salvaguardia degli ecosistemi.

## **Strategie analitiche e tecnologiche per il rilevamento, la quantificazione e la mitigazione di microplastiche e microfibre derivate dai tessuti**

Mariacristina COCCA (CNR IPCB)

Roberto Avolio, Erika Caianiello, Rachele Castaldo, Raffaele Condò, Roberta D'Auria, Maria Emanuela Errico, Immacolata Liotta, Federico Olivieri, Gennaro Gentile, Mariacristina Cocca\*

*Istituto per i Polimeri, Compositi e Biomateriali Consiglio Nazionale delle Ricerche IPCB-CNR, Via Campi Fleggeri, 34 – 80078 Pozzuoli*

*\*[mariacristina.cocca@cnr.it](mailto:mariacristina.cocca@cnr.it)*

Le microplastiche di origine tessile sono oggi riconosciute come una delle principali contaminazioni negli ecosistemi acquatici, terrestri e atmosferici. Tali contaminanti, ampiamente diffusi e persistenti, sono stati rilevati in numerose matrici ambientali e biologiche, con potenziali effetti sulla biodiversità e implicazioni emergenti per la salute umana. Il fenomeno assume particolarmente rilevanza considerando l'ampia diffusione dei materiali tessili nella vita quotidiana e nei diversi settori produttivi.

In questo contesto, le attività di ricerca condotte presso l'IPCB sono state finalizzate allo sviluppo di un approccio integrato, di natura analitica e tecnologica, per il rilevamento, la quantificazione e la mitigazione delle microplastiche e, più in generale, delle microfibre rilasciate dai substrati tessili lungo l'intero ciclo di vita, dalla produzione all'uso fino allo smaltimento. Grazie all'impiego di tecniche microscopiche e spettroscopiche è stato possibile identificare e quantificare le particelle sub-millimetriche rilasciate, distinguendone natura e caratteristiche.

I risultati hanno mostrato che il rilascio dipende da diversi fattori, tra cui la struttura del tessuto, la composizione chimica della fibra, le condizioni di lavaggio e la composizione del detergente. È stato inoltre dimostrato che non solo le microplastiche, ovvero le microfibre di origine sintetica, ma anche le microfibre di origine naturale e artificiale possono essere rilasciate nell'ambiente divenendo contaminanti emergenti a seconda dei processi di tintura e trattamento subiti durante le fasi di produzione.

A partire da questi studi, sono state sviluppate e validate diverse strategie di mitigazione orientate alla prevenzione alla fonte e alla riduzione dell'impatto ambientale. Tra queste, particolare rilievo assumono lo sviluppo di rivestimenti eco-compatibili a base di polimeri di origine naturale e biodegradabili, in grado di migliorare la coesione superficiale delle fibre e ridurre significativamente il rilascio durante l'uso e il lavaggio; l'ottimizzazione delle formulazioni dei detersivi, finalizzata a minimizzare le sollecitazioni chimico-meccaniche sui tessuti; e la progettazione di sistemi di filtrazione avanzati, basati su materiali porosi, per l'intercettazione delle microfibre nei reflui domestici e industriali. Parallelamente, sono state esplorate soluzioni di economia circolare, tra cui il riciclo di rifiuti plastici di origine marina per la produzione di nuovi materiali compositi.

Nel complesso, l'approccio proposto contribuisce in modo sostanziale all'avanzamento dello stato dell'arte, integrando strumenti analitici avanzati, innovazione tecnologica e principi di eco-design. I risultati supportano lo sviluppo di modelli produttivi più sostenibili e circolari, in linea con gli obiettivi di tutela delle risorse naturali e con il paradigma "One Planet – One Health", che riconosce l'interconnessione tra qualità ambientale e salute umana.

### **L'implementazione del sistema Operation Clean Sweep (OCS) nei siti Versalis contro la dispersione di microplastiche**

Lucia PERRUCCI (Versalis)

#### **1. VERSALIS: CHIMICA SOSTENIBILE**

Versalis, la società chimica di Eni, opera a livello nazionale e internazionale nei settori della chimica di base e degli intermedi, delle materie plastiche, delle gomme e della chimica da

fonti rinnovabili. È impegnata nello sviluppo di tecnologie per il riciclo dei polimeri e in un percorso di trasformazione verso una chimica del futuro che si basa su specializzazione del portafoglio, circolarità e biochimica, con l'obiettivo di raggiungere i target di decarbonizzazione.

La ricerca gioca un ruolo fondamentale nella trasformazione di Versalis: nei suoi sette centri di ricerca sviluppa progetti e tecnologie per la produzione di soluzioni innovative, anche attraverso l'integrazione di piattaforme tecnologiche e partnership con diversi attori della filiera.

Propone ai mercati un ampio portafoglio di prodotti in continua evoluzione per numerosi settori di applicazione, grazie a un'estesa gamma di tecnologie proprietarie, e potendo contare su una capillare rete di distribuzione a livello globale e sull'attività di assistenza post-vendita.

Con l'acquisizione nel 2023 di Novamont, leader nel settore della bioeconomia circolare e nel mercato delle bioplastiche biodegradabili e compostabili, ha rafforzato il posizionamento nella biochimica offrendo al mercato una gamma di prodotti e soluzioni sostenibili di origine bio (in particolare bioplastiche, biolubrificanti, bioerbicidi) per applicazione nei settori del packaging, agricoltura, industria.

Nell'ambito della circolarità, Versalis sta portando avanti lo sviluppo di tecnologie complementari di riciclo, come ad esempio la tecnologia Hoop® per il riciclo chimico delle plastiche miste. Inoltre, sta acquisendo impianti e tecnologie esistenti per il riciclo meccanico per accelerarne l'implementazione industriale.

In un'ottica di **specializzazione** sta costruendo nuove opportunità per raggiungere una maggiore presenza nei mercati a valle. Dal 2021 con Finproject, società leader nella produzione di manufatti ultraleggeri e, dal 2024 con Tecnofilm, azienda specializzata nel settore *compounding* complementare a Finproject per portafoglio e tecnologie, è stata estesa l'offerta commerciale con prodotti per il mercato delle applicazioni a maggiore valore aggiunto, posizionandosi in settori quali l'industria calzaturiera di alta gamma, del design e dell'arredamento, nei settori legati alla transizione energetica, come il *wire&cable*, l'industria della sicurezza e dell'*automotive*, con una specifica leadership tecnologica e industriale.

Nel 2024, con l'obiettivo di decarbonizzazione, Versalis ha messo a punto il **piano di trasformazione** e rilancio del proprio business. Un piano che, ad ulteriore testimonianza dell'approccio Eni alla transizione giusta, punta su innovazione, sostenibilità e salvaguardia del capitale umano, generando valore per tutti gli stakeholder.

La trasformazione di Versalis nasce dall'esigenza di far fronte alla crisi strutturale e irreversibile della chimica di base e salvaguardare lo sviluppo della chimica sostenibile. Questo permette, da una parte, il recupero di competitività sui mercati, e, dall'altra, assicura il mantenimento dell'intensità industriale e occupazionale, garantendo il soddisfacimento delle tre dimensioni della sostenibilità: ambientale, economica e sociale.

### **1.1 - Focus on Circolarità**

In ambito di circolarità, Versalis rinnova gli impegni intrapresi costituendo una vera e propria piattaforma di sviluppo per plastiche e gomme circolari:

- Con riferimento allo sviluppo di una tecnologia di riciclo chimico per la valorizzazione di rifiuti in plastica mista, sono proseguite le attività di sviluppo della nuova tecnologia proprietaria Hoop®. L'impianto demo, costruito presso il sito industriale Versalis di Mantova, è stato inaugurato a giugno 2025 ed ha una capacità nominale di 6 kton/anno in ingresso.
- Con riferimento allo sviluppo dell'hub di Versalis per il riciclo meccanico avanzato, è stato avviato a marzo 2025 il nuovo impianto a Porto Marghera per la produzione di plastiche a partire – in tutto o in parte – da materie prime riciclate meccanicamente. L'impianto è in grado di produrre fino a 20 kton/anno, utilizzando materia prima seconda (MPS) derivante dal riciclo di rifiuti di polistirene espanso (EPS).

## **1.2 - Focus on Biochimica**

Versalis sviluppa piattaforme tecnologiche integrate che utilizzano materie prime – in tutto o in parte – da biomassa per poter ampliare la propria offerta commerciale con nuove soluzioni che mirano a una riduzione dell'impatto ambientale. Attraverso l'acquisizione di Novamont, la Società ha rafforzato il proprio posizionamento nella biochimica, contribuendo ad una progressiva riduzione dell'impronta di carbonio nel lungo periodo, delle emissioni di gas serra e della dipendenza dai combustibili fossili.

La sinergia con Eni assicura, inoltre, un costante approvvigionamento di materie prime rinnovabili, provenienti dall'ambito agricolo, così come da processi industriali come quelli delle bioraffinerie. In questo modo viene fornito un contributo diretto agli obiettivi di decarbonizzazione, oltre alla possibilità di ampliare l'offerta commerciale con prodotti derivanti da biomassa.

Versalis lavora per creare i presupposti per una piattaforma tecnologica di biochimica altamente integrata, in grado di esprimere potenzialità in termini d'innovazione e scala industriale di assoluta rilevanza. Si racchiudono infatti sotto un unico cappello le tecnologie di trasformazione della biomassa in monomeri ed intermedi con le applicazioni a valle, spaziando dalle plastiche biodegradabili e compostabili ai bioerbicidi e biolubrificanti.

## **2. L'ATTENZIONE LUNGO TUTTA LA FILIERA PRODUTTIVA**

Nell'ambito della propria strategia, Versalis riconosce l'importanza di un accurato monitoraggio delle proprie attività industriali, tra i quali la gestione delle microplastiche condividendo le best practices tra gli attori della value chain.

Il rilascio di microplastiche, infatti, può rappresentare una forma di inquinamento diffuso che può accumularsi nel suolo, nei sedimenti marini e negli organismi viventi, causando danni agli habitat naturali e alla biodiversità.

Le microplastiche si dividono in primarie, quindi fabbricate volutamente per essere di dimensioni microscopiche e come tali aggiunte ad alcuni prodotti (come i granuli abrasivi nei cosmetici), e secondarie, derivanti dalla disgregazione di rifiuti di maggiori dimensioni.

In qualità di produttore e utilizzatore di pellet di polimeri, nei siti Versalis vi è il rischio di dispersioni accidentali nell'ambiente di microplastiche primarie nelle diverse fasi della filiera logistico-produttiva come, ad esempio, le fasi di produzione, movimentazione e trasporto.

A tal proposito, ai fini di evitare possibili dispersioni, Versalis si è dotata di numerosi presidi in essere, come procedure e sistemi di monitoraggio rigorosi, che coinvolgono tutte le aree di business, nel rispetto dei principi guida del programma Responsible Care.

## **3. OPERATION CLEAN SWEEP**

L' OperationCleanSweep, programma gratuito e volontario promosso in Europa da Plastics Europe, mira a promuovere le **migliori pratiche** e fornire indicazioni e strumenti per supportare le aziende della filiera della plastica nell'implementazione delle necessarie misure di prevenzione delle perdite di pellet, polveri e fiocchi di plastica nell'ambiente con particolare attenzione alla salvaguardia della risorsa marina.

Il programma nasce dalla crescente preoccupazione della presenza di rifiuti di plastica nell'ambiente. Parte di questi rifiuti, infatti, è costituita da granuli destinati alla produzione di articoli in plastica sebbene nell'industria delle materie plastiche vengano applicati rigorosi controlli ambientali, di sicurezza e di qualità: la perdita involontaria di pellet può verificarsi in diverse fasi della catena del valore.

Il percorso tipico dei pellet inizia in un impianto di produzione. I pellet vengono confezionati per lo stoccaggio o per il trasporto verso trasformatori di materie plastiche o altri clienti, ad esempio

tramite hub logistici. I pellet possono essere trasportati tra i diversi attori lungo la catena del valore principalmente su strada, ferrovia o mare. I trasformatori ricevono quindi i pellet, che alimentati in estrusori a caldo o macchine per lo stampaggio a iniezione, dove vengono fusi e modellati in componenti, tubi o altri prodotti finiti. In alcuni casi, i produttori non vendono direttamente i pellet ai trasformatori. Le società commerciali e i distributori possono acquistare pellet in grandi quantità e immagazzinarli per rivenderli in quantità minori ai trasformatori. Durante il riciclo meccanico dei prodotti in plastica, la maggior parte dei rifiuti plastici viene trasformata in materie prime simili come pellet o scaglie. Questi materiali seguiranno lo stesso ciclo.

Per agevolare l'implementazione del programma, l'organizzazione mette a disposizione diversi strumenti come *il manuale* e *le checklist*:

- il manuale fornisce una panoramica su come impostare, rivedere e migliorare le misure di protezione ambientale e di sicurezza esistenti alla luce della dispersione di pellet
- le checklist sono strutturate in maniera da controllare processi e attività aziendali ma da personalizzare in base ai processi di ogni organizzazione.

Inoltre, sul sito vengono forniti poster informativi OCS per trasportatori, operatori, di cui ogni azienda aderente può adottare e condividere tra gli attori del settore.

Il programma OCS ha registrato, nel corso degli anni, un numero crescente di adesioni, con un impegno in aumento da parte di tutte le parti coinvolte, dalla filiera ai fornitori e clienti.

#### **4. L'IMPEGNO DI VERSALIS**

Sebbene il sistema di gestione integrato HSE nonché il programma Responsible Care contemplino già taluni aspetti relativi alla prevenzione dei rilasci di pellets, Versalis, in qualità di produttore, ha deciso di aderire dal 2015 volontariamente come partner al programma **OCS Objective: Zero Pellet Loss (ZPL)** promossa da PlasticsEurope, rafforzando così il suo impegno nella tutela dell'ambiente.

Per Versalis la cooperazione tra ogni attore può fare la differenza nello sviluppo delle soluzioni necessarie per affrontare le sfide globali. Pertanto, passando dalla produzione, dallo stoccaggio, dalle operazioni logistiche fino all'esportazione dei pellet, ogni attore ha un ruolo fondamentale e una responsabilità nella prevenzione delle perdite. La diffusione del programma OCS lungo l'intera filiera può incrementarne significativamente l'efficacia del programma.

Versalis ha coinvolto diversi siti operativi che si sono impegnati nello sviluppo di:

- refresh formativi periodici a colleghi, nuovi assunti e contrattisti;
- redazione e diffusione di procedure interne;
- implementazione di sistemi di monitoraggio e barriere per evitare la dispersione di pellet.

Inoltre, tre siti italiani Versalis sono certificati secondo lo schema di certificazione OCS Europe sviluppato da Plastics Europe ed EuPC, volto a controllare e documentare la conformità ai requisiti per la minimizzazione delle perdite di granuli lungo l'intera filiera della plastica.

##### **4.1 Implementazione del programma di certificazione OCS**

L'implementazione del programma di certificazione OCS si suddivide nelle seguenti fasi:

- Firma del Pledge da parte dell'Amministratore Delegato di Versalis;
- individuazione dei potenziali punti di rilascio e valutazione/analisi dei rischi, analizzando la movimentazione/manipolazione delle attività legate al pellet all'interno del proprio sito;
- diffusione di procedure interne atte a minimizzare l'eventuale dispersione;
- Implementazione di un piano di formazione e addestramento associato al programma OCS;

- documentate verifiche interne (Audit Interni) che valutino l'efficacia delle procedure e degli strumenti per prevenire le fuoriuscite e il potenziale di perdite nell'ambiente;
- definizione di un set di KPI da rendicontare annualmente al fine di monitorare le proprie performance in ambito OCS.

In merito all'individuazione dei punti di rilascio e valutazione/analisi del rischio, il programma ha diffuso una metodologia chiamata **Bow-Tie**, che supporta le aziende o nel caso di Versalis ogni Linea Datoriale a sviluppare tutte le fasi che interessano la filiera di produzione e manipolazione dei pellet di plastica.

L'utilizzo del modello parte da un'analisi delle potenziali aree e punti critici più comuni che si possono riscontrare nelle aree di impianto: nell'area immagazzinamento, per esempio, vi possono essere vari punti critici come linee di trasporto e giunti, e operazioni quali movimentazione dei sacchi o container sfusi.

Successivamente, la Linea Datoriale identifica ed inserisce nel format proposto l'elenco delle Barriere Preventive (una barriera fisica o una procedura che impedisce il verificarsi di una fuoriuscita come ad es. housekeeping) e delle Barriere Mitigative (una barriera fisica o una procedura che impedisce la perdita di pellet versato nell'ambiente come filtri di raccolta del pellet nei pozzetti di scarico), applicando le percentuali di efficienza delle stesse. Tali percentuali sono basate sull'esperienza e/o supportate dalle schede tecniche quando disponibili.

Il format, in base alle quantità inserite e all'efficienza delle barriere, calcola un'ipotetica perdita (LOSS) in ambiente della macro area/reparto/impianto per la quale è stata svolta l'analisi.

Il monitoraggio periodico delle risultanze raccolte dall'analisi appena descritta si pone l'obiettivo di raggiungere l'azzeramento di pellet dispersi.

### **Micro (nano) plastiche da oligomeri sintetici persistenti nell'acqua del Mar Mediterraneo: analisi NMR completa, preoccupazioni e origini**

Antonio BUONERBA (Università di Salerno)

### **Low-Mass (Micro-Nano)plastics: Isolation, Quantification, Fate and Origins of an Uncounted Plastic Burden**

Antonio Buonerba<sup>1\*</sup>, Alessia Giannattasio<sup>1</sup>, Mary Vermi Aizza Corpuz<sup>2</sup>, Veronica Iuliano<sup>1</sup>, Giuseppina Oliva<sup>2</sup>, Enzo Venezia<sup>3</sup>, Nicoletta Capuano,<sup>4</sup> Veronica Folliero,<sup>4</sup> Gianluigi Franci,<sup>4</sup> Carmine Capacchione<sup>1</sup>, Andrea Correa<sup>3</sup>, Giuseppe Milano<sup>3</sup>, Vincenzo Naddeo<sup>2</sup>, Vincenzo Belgiorno<sup>2</sup>, Alfonso Grassi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dip. Chimica e Biologia "Adolfo Zambelli", Università degli Studi di Salerno.

<sup>2</sup> Dip. Ingegneria Civile, Università degli Studi di Salerno.

<sup>3</sup> Dip. Ingegneria Chimica, Università degli Studi di Napoli Federico II.

Microplastics (MPs) and nanoplastics (NPs; typically <1 μm down to the nanometer scale) are now widely recognized as pervasive, persistent contaminants in aquatic environments. Their real concentrations, sources, and impacts remain difficult to quantify with confidence. A major bottleneck is the absence of harmonized, universally adopted protocols for sampling, pretreatment, and quantification, which still limits cross-study comparability across matrices (seawater, rivers, wastewater) and spatial scales. "Number-based" approaches, e.g., optical microscopy and micro-spectroscopy (FTIR/Raman), provide valuable information on particle size distributions and polymer identity. Still, they are constrained by matrix interferences, labor-intensive workflows, and detection limits that bias measurements against the smallest fractions. In parallel, "mass-based" strategies such as pyrolysis-gas chromatography (Py-GC) enable polymer-specific mass quantification and can be more robust in complex matrices; however, results remain highly sensitive to operational choices (filtration cut-offs, recovery steps, calibration strategies, pyrolysis conditions), and full inter-laboratory standardization is still lacking. This methodological gap becomes particularly critical for the low-mass, low-molecular-

weight continuum at the boundary between conventional microplastics and nanoplastics, including polymer-derived oligomers and highly fragmented/oxidized species. These forms may evade particle-counting techniques (below resolution thresholds, weak optical contrast, or non-particulate behavior) and can also be underestimated when monitoring protocols focus only on material retained by specific filters. Consequently, routine surveillance may systematically miss a potentially relevant pool of “invisible” plastic contamination, often the most mobile and reactive fraction, characterized by transport, transformation, and biointeraction pathways that differ from those of micrometric MPs. In this contribution, we integrate four complementary lines of work to address this challenge: (i) quantification of low-density MPs in Mediterranean seawater, identifying an “invisible” polymer burden through quantitative, NMR-based mass analysis coupled with microstructural characterization, and highlighting the persistence of low-molecular-weight polymer-derived species; (ii) assessment of sustainable microplastic control in wastewater via advanced treatment configurations, including living/dynamic membrane bioreactors and electrochemically enhanced variants designed to improve removal while mitigating fouling; (iii) a process-oriented investigation linking wastewater treatment plant (WWTP) configuration and polymer physicochemical properties to the fate and removal of low-density microplastics; and (iv) an outlook on ongoing nanoplastic modelling activities aimed at describing transport, transformation, and fate in aquatic systems, and at integrating experimental evidence with predictive frameworks toward a more quantitative, unified picture of MP/NP contamination.

- (1) Giannattasio, A.; Iuliano, V.; Oliva, G.; Giaquinto, D.; Capacchione, C.; Cuomo, M. T.; Hasan, S. W.; Choo, K.-H.; Korshin, G. V.; Barceló, D.; Belgiorno, V.; Grassi, A.; Naddeo, V.; Buonerba, A. Micro(Nano)Plastics from Synthetic Oligomers Persisting in Mediterranean Seawater: Comprehensive NMR Analysis, Concerns and Origins. *Environ. Int.* 2024, *190*, 108839.
- (2) Corpuz, M. V. A.; Cairone, S.; Natale, M.; Giannattasio, A.; Iuliano, V.; Grassi, A.; Pollice, A.; Mannina, G.; Buonerba, A.; Belgiorno, V.; Naddeo, V. Sustainable Control of Microplastics in Wastewater Using the Electrochemically Enhanced Living Membrane Bioreactor. *J. Environ. Manage.* 2024, *370*, 122649.

**Indagine LC-MS sugli additivi plastici rilasciati dalle microplastiche derivate da pellicole pacciamanti di origine fossile e biodegradabile durante l'interramento nel suolo**  
Valentina GIGLIO (CNR IPCB)

I film per pacciamatura biodegradabili (BMF) sono sempre più utilizzati in agricoltura come alternativa sostenibile alle plastiche convenzionali, al fine di ridurre l'accumulo di residui e microplastiche nei suoli<sup>1</sup>. Tuttavia, oltre alla matrice polimerica, questi materiali contengono diversi additivi plastici (plasticizzanti, stabilizzanti, antiossidanti) che possono essere rilasciati durante l'invecchiamento del materiale interrato nel suolo. Nel nostro lavoro precedente<sup>2</sup> abbiamo dimostrato il rilascio preferenziale nel suolo di alcuni additivi, mentre altri, potenzialmente tossici per l'uomo e per l'ambiente, tendono a persistere nelle micropalastiche generate dalla biodegradazione del BMF. I risultati hanno evidenziato un comportamento dipendente dalle proprietà chimico-fisiche degli additivi. I composti più polari mostrano maggiore mobilità nel suolo, mentre quelli più idrofobici tendono a rimanere associati al polimero e ai frammenti di microplastiche, suggerendo una possibile persistenza a lungo termine.

Nel presente lavoro, la durata dello studio in campo è stata estesa per valutare il destino di tali sostanze su tempi più lunghi. Inoltre, è stata condotta una valutazione comparativa mediante analisi LC-MS degli additivi presenti in film pacciamanti di origine fossile e biodegradabile. In particolare, sono stati oggetto di studio un telo convenzionale in Polyethylene (PE) e un film biodegradabile a base di Polybutylene adipate-co- terephthalate (PBAT), al fine di valutare non solo la diversa composizione dei materiali in termini di additivi plastici, ma come la diversa natura della matrice polimerica può influenzare il loro rilascio nel suolo durante un esperimento di interrimento in condizioni reali.

Questi studi evidenziano che la biodegradabilità del polimero può non implicare necessariamente una riduzione dell’impatto ambientale, sottolineando la necessità di includere il destino degli additivi nella valutazione della sostenibilità.

#### **Bibliografia**

- 1) Convertino F., Carroccio S.C., Cocca M.C., Dattilo S., Dell’Acqua A.C., Gargiulo L., Nizzetto L., Riccobene P.M., Schettini E., Vox G., Zannini D., Cerruti P., The fate of post-use biodegradable PBAT-based mulch films buried in agricultural soil, *Sci. Total Environ.* 948 (2024) 174697.
- 2) Giglio V.\*, Dvorakova D, Convertino F., Tsagkaris A.S., Messina A., Proietto Salanitri G., Dell’Acqua A.C., Schettini E., Carroccio S.C. Tracking additives fate from a biodegradable mulch film to soil: a comprehensive LC-MS investigation, *J. Hazard. Mater.* 2025, 499, 14003

**Ringraziamenti:** Questo studio è stato economicamente supportato dal progetto PAPILLONS finanziato da European Union’s Horizon 2020 RESEARCH and Innovation Programme (Grant Agreement No 101000210).

### **Modelli molecolari di nanoplastiche da polietilene semicristallino**

Enzo VENEZIA (Università di Napoli “Federico II”)

Enzo Venezia, Andrea Correa, Antonio De Nicola, Gianmarco Munaò, Rosario Esposito, Antonio Buonerba, Alessia Giannattasio, Giuseppe Milano

Le nanoplastiche (NPs) generate dalla degradazione di polimeri semicristallini, come il polietilene (PE), rappresentano una sfida analitica complessa a causa delle loro dimensioni nanometriche (1-100 nm) e della loro eterogeneità chimico-fisica, che ne ostacolano la rilevabilità e la caratterizzazione. Il presente studio propone modelli molecolari a grana grossa (Coarse-Grained) derivati da simulazioni su scala atomistica, impiegando un approccio di dinamica molecolare ibrida particella-campo<sup>1</sup> (hPF-MD). Questo approccio computazionale si pone come strumento strettamente complementare alle indagini sperimentali<sup>2</sup>, dalle quali vengono direttamente desunte la composizione<sup>3</sup> (come il rapporto e la percentuale di gruppi funzionali prodotti durante processi mecano-chimici) e la chimica superficiale dei frammenti.

I modelli proposti forniscono una dettagliata caratterizzazione strutturale e termodinamica<sup>4</sup> dei frammenti in mezzo acquoso, investigandone la stabilità colloidale mediante calcoli di energia libera (Potenziali di Forza Media, PMF) ottenuti tramite integrazione termodinamica. Altresì, consentono di simulare su larga scala il *self-assembly* spontaneo e di valutare gli effetti dell’invecchiamento e delle condizioni ambientali in termini di chimica superficiale, pH<sup>5</sup> e valenza dei contro-ioni.

La stretta aderenza tra le previsioni termodinamiche della simulazione e i trend della letteratura sperimentale dimostra come la modellazione molecolare sia una tecnica integrativa indispensabile per esplorare i meccanismi di *self-assembly* e il destino ambientale delle nanoplastiche, fornendo una risoluzione spaziale altrimenti inaccessibile. Infine, i framework sviluppati possono essere estesi allo studio delle nanoplastiche in presenza di inquinanti specifici, materia organica naturale, biomolecole e surfattanti.

(1) Milano, G.; Kawakatsu, T. Hybrid Particle-Field Molecular Dynamics Simulations for Dense Polymer Systems. *J. Chem. Phys.* **2009**, 130 (21), 214106. <https://doi.org/10.1063/1.3142103>.

(2) Giannattasio, A.; Iuliano, V.; Oliva, G.; Giaquinto, D.; Capacchione, C.; Cuomo, M. T.; Hasan, S. W.; Choo, K.-H.; Korshin, G. V.; Barceló, D.; Belgiorno, V.; Grassi, A.; Naddeo, V.; Buonerba, A. Micro(Nano)Plastics from Synthetic Oligomers Persisting in Mediterranean Seawater: Comprehensive NMR Analysis, Concerns and Origins. *Environ. Int.* **2024**, 190, 108839. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108839>.

(3) Menzel, T.; Meides, N.; Mauel, A.; Mansfeld, U.; Kretschmer, W.; Kuhn, M.; Herzig, E. M.; Altstädt, V.; Strohhriegl, P.; Senker, J.; Ruckdäschel, H. Degradation of Low-Density Polyethylene to Nanoplastic Particles by Accelerated Weathering. *Sci. Total Environ.* **2022**, 826, 154035. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154035>.

(4) Venezia, E.; Correa, A.; Esposito, R.; Munaò, G.; Nicola, A. D.; Milano, G. Molecular Models of Nanoplastics from Semi-Crystalline Polyethylene. *Macromolecules* **2025**, 58 (6), 3119–3134. <https://doi.org/10.1021/acs.macromol.4c03240>.

(5) Shams, M.; Alam, I.; Chowdhury, I. Aggregation and Stability of Nanoscale Plastics in Aquatic Environment. *Water Res.* **2020**, 171, 115401. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115401>.

## **Impatto dell'inquinamento da nanoplastiche sull'ambiente acquatico e atmosferico**

Luca CARENA (Università di Torino)

L. Carena, M. Passananti

\* Dipartimento di Chimica, Università di Torino, Torino, Italia

L'ampia presenza di micro e nanoplastiche nell'ambiente rende necessario studiare il destino di tali contaminanti nei vari compartimenti ambientali in cui essi vengono rilevati, tra cui acque superficiali (laghi, fiumi, oceani) e atmosfera. In questi compartimenti ambientali, molti contaminanti antropogenici subiscono reazioni fotochimiche indotte dalla radiazione solare che provocano la loro degradazione. Nelle acque superficiali, queste reazioni fotochimiche sono spesso mediate da composti presenti naturalmente, detti fotosensibilizzatori, che sono in grado di assorbire la luce solare e produrre specie chimiche reattive (ad esempio, il radicale HO•). I principali fotosensibilizzatori sono la materia organica disciolta cromoforica, ione nitrato e ione nitrito. Gli intermedi reattivi fotoprodotti reagiscono e degradano i contaminanti. In questo contributo poster, si descrive la ricerca condotta presso il Dipartimento di Chimica dell'Università di Torino volta ad indagare la reattività fotochimica delle micro e nanoplastiche nell'ambiente acquatico e nell'atmosfera. Gli studi riguardano (i) la fotodegradazione delle micro e nanoplastiche mediata dalle specie reattive fotoprodotte nell'ambiente, come il radicale HO• e gli stati eccitati di tripletto della materia organica disciolta nelle acque; (ii) la formazione dei sottoprodotti rilasciati dalle particelle di plastica in seguito alla fotodegradazione, e (iii) il loro possibile impatto ambientale.

## **Un approccio innovativo per la tracciabilità delle nanoplastiche nell'acqua potabile mediante dielettroforesi-spettroscopia Raman**

Andrea Mario ROSSI (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica)

Il rilevamento di micro- e nanoplastiche (MPs e NPs) negli alimenti e nell'ambiente sta assumendo un'importanza crescente a causa dei potenziali effetti sulla salute umana.

Sebbene le MPs siano già state ampiamente investigate, l'identificazione delle NPs risulta ancora complessa, principalmente per le loro caratteristiche peculiari, quali le dimensioni estremamente ridotte e le variazioni nella composizione superficiale.

Per superare i limiti delle tecniche spettroscopiche tradizionali, è stato sviluppato un metodo innovativo privo di marcatori che integra spettroscopia Raman e dielettroforesi (DEP). In questo approccio, le NPs vengono intrappolate mediante DEP all'interno di una cella dedicata, concentrandole in specifiche regioni tra gli elettrodi, da cui è possibile acquisire il segnale Raman.

Questa strategia consente un'identificazione più affidabile delle NPs anche a basse concentrazioni, garantendo un elevato rapporto segnale/rumore direttamente in sospensione.

Il metodo è stato validato con successo sia in acqua ultrapura sia in acqua potabile commerciale, permettendo l'identificazione rapida di diverse NPs con differenti dimensioni e composizioni polimeriche, anche a concentrazioni ridotte. Tra queste figurano polistirene (60–800 nm), polietilene, polipropilene e PET. Inoltre, sono state rilevate differenze negli spettri Raman rispetto ai polimeri in forma bulk, attribuibili a fenomeni di ossidazione superficiale e a effetti legati alla scala nanometrica. In conclusione, questa tecnica rappresenta un approccio innovativo ed efficace per il rilevamento, l'identificazione e lo studio delle trasformazioni delle nanoplastiche in matrici reali.

## **Impatto ecologico delle microplastiche su ambienti lacustri**

Veronica NAVA (Università Milano-Bicocca)

Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università di Milano-Bicocca, Piazza della Scienza 1, 20126 Milano (MI)  
veronica.nava@unimib.it

Le plastiche sono ormai pervasive in tutti gli ambienti, inclusi gli ecosistemi d'acqua dolce. Sebbene numerosi studi ne abbiano indagato gli effetti chimici e tossicologici, il loro ruolo nei processi ecologici rimane ancora poco compreso. L'intervento presenta alcuni meccanismi attraverso cui le plastiche possono influenzare il funzionamento degli ecosistemi acquatici, in particolare quelli lacustri. Un aspetto centrale è la cosiddetta "plastisfera": comunità di microrganismi autotrofi ed eterotrofi che colonizzano le superfici plastiche, generando aree localizzate di intensa attività biologica. Esperimenti condotti su ampia scala geografica mostrano come la plastisfera aumenti la disponibilità di substrato per batteri e microalghe, configurandosi come un nuovo habitat "bentonico-fluttuante". La biodiversità della plastisfera risulta principalmente determinata dalle condizioni locali, suggerendo una colonizzazione opportunistica. Gli effetti sul metabolismo acquatico variano tra i siti: in ambienti più eutrofici si osservano valori positivi di produzione ecosistemica netta (NEP), indicativi di un bilancio metabolico spostato verso l'autotrofia. Questi processi suggeriscono un possibile ruolo delle plastiche nel modulare il ciclo del carbonio e i processi biogeochimici negli ecosistemi lacustri. Nonostante siano costituite prevalentemente da carbonio, le plastiche non sono ancora incluse nei modelli che descrivono i laghi come sistemi dinamici di trasformazione, degradazione ed emissione del carbonio ("active pipes"). La loro integrazione potrebbe risultare cruciale, in funzione delle caratteristiche del sistema e della sua sensibilità agli apporti di carbonio. Attraverso la plastisfera e il rilascio di carbonio labile, le plastiche possono influenzare le reti trofiche, alterare il ciclo dei nutrienti e contribuire alle emissioni di gas serra. In quanto contaminanti persistenti e in continuo accumulo, esse non rappresentano uno stressore transitorio, ma potenziali fattori di cambiamento del funzionamento degli ecosistemi acquatici.

### **Formazione di Eco-Corona su Micro(Nano)plastiche**

Simona ORTELLI (CNR ISSMC)

**Simona Orтели<sup>1</sup>, Valentina Marassi<sup>2</sup>, Alessio Sacco<sup>3</sup>, Anna Luisa Costa<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> CNR-ISSMC Istituto di Scienza e Tecnologia e Sostenibilità dei Materiali Ceramici, Faenza, RA 48018, Italy

<sup>2</sup> Department of Chemistry "G. Ciamician", University of Bologna, Via Piero Gobetti 83, 40129 Bologna, Italy

<sup>3</sup> Quantum Metrology and Nanotechnology Department, National Institute of Metrological Research (INRiM), Strada Delle Cacce 91, 10135 Torino, Italy

Le micro- e nanoplastiche (MNPs) possono cambiare la propria identità nei diversi mezzi di esposizione attraverso la formazione di bio/eco-corona, dovuta all'interazione e all'adsorbimento chimico-fisico di biomolecole e materia organica naturale sulla loro superficie [1,2]. Nei comparti ambientali, i costituenti naturali si adsorbono sulle superfici delle particelle, formando una eco-corona composta da ioni metallici, sali inorganici, materia organica naturale e inquinanti organici persistenti. In seguito all'interazione con sistemi biologici, queste particelle evolvono ulteriormente legando biomolecole quali proteine, lipidi e acidi nucleici, creando una bio-corona. Comprendere questa evoluzione è fondamentale, poiché determina il destino e il comportamento delle MNPs, influenzandone trasporto, degradazione, interazioni biologiche e tossicità.

In questo lavoro, è stata investigata la formazione di bio/eco-corona su nanoplastiche di polistirene (PS) e polietilentereftalato (PET) in diversi mezzi: fluidi biologici, matrice alimentare (latte) e acqua marina. L'esposizione a matrici biologiche, alimentari e ambientali favorisce il rapido adsorbimento di biomolecole e sali, determinando cambiamenti significativi nelle proprietà delle nanoplastiche. Per investigare tali dinamiche è stato adottato un approccio combinato basato sulle tecniche: Dynamic Light Scattering (DLS) e Centrifugal Liquid Sedimentation (CLS), confrontandone le prestazioni in diverse condizioni sperimentali.

I risultati evidenziano che l'interazione delle nanoplastiche con i vari componenti dell'ambiente comporta variazioni significative delle loro proprietà, favorendo fenomeni di aggregazione e destabilizzazione colloidale, in particolare in presenza di sali, come nel caso dell'acqua marina. Inoltre, è emerso che il DLS presenta limitazioni nel rilevare le nanoplastiche in matrici complesse, quali il latte, mentre il CLS permette una identificazione più efficace delle particelle e delle variazioni dimensionali associate alla formazione della corona.

L'integrazione delle due tecniche permette di identificare i componenti associati alla corona, monitorare le variazioni dimensionali e rilevare fenomeni di aggregazione. In conclusione, è stato evidenziato che un approccio combinato DLS-CLS è fondamentale per descrivere in modo affidabile la dinamica di formazione della corona e rappresenta un passaggio chiave nella valutazione del rischio ambientale delle nanoplastiche.

#### Bibliografia

1. I. Zanoni, S. Ortelli, A.L. Costa et al. Environ. Sci. Eur., 2025, 37, 1-11
2. A. Placci, A.L. Costa, S. Ortelli, A. Sacco, V. Marassi et al. RSC Adv., 2025, 15, 30849

### **Micro- e nanoplastiche nelle placche carotidee: identificazione analitica e rischio cardiovascolare** Pasquale IOVINO (Università della Campania "L. Vanvitelli")

Le micro- e nanoplastiche (MNPs) rappresentano una classe di contaminanti emergenti la cui rilevanza per la salute umana è complessa da valutare, a causa delle sfide analitiche derivanti dalle matrici biologiche.

Il presente lavoro illustra i risultati di uno studio prospettico osservazionale condotto su pazienti sottoposti a endoarteriectomia carotidea. Nello studio è stato sviluppato un protocollo analitico specifico per ridurre le interferenze di matrice e identificare i polimeri mediante pirolisi-gascromatografia/spettrometria di massa (Py-GC-MS), microscopia elettronica (SEM/TEM) e analisi degli isotopi stabili ( $\delta^{13}\text{C}$ ).

In 257 pazienti con follow-up medio  $33.7 \pm 6.9$  mesi, il polietilene (PE) è stato rilevato nel 58.4% delle placche e il cloruro di polivinile (PVC) nel 12.1%. La microscopia elettronica ha evidenziato particelle estranee a margini frastagliati all'interno dei macrofagi presenti nella placca aterosclerotica e nelle aree di detrito extracellulare.

La presenza di MNPs nel tessuto aterosclerotico è risultata associata a una maggiore incidenza di eventi clinici combinati (infarto miocardico, ictus o morte per qualsiasi causa).

In conclusione, l'integrazione tra caratterizzazione analitica dei polimeri e follow-up clinico annovera le MNPs tra i fattori di rischio cardiovascolare di interesse emergente, fornendo una base solida per futuri studi e per la definizione di strategie di mitigazione.

### **Il Progetto INAIL BRiC CELLOPHAN - Caratterizzazione delle Emissioni in Luoghi di Lavoro di microplastiche Aerodisperse e Nanoplastiche** Adriana PIETRODANGELO (CNR IIA)

A. Pietrodangelo,<sup>1</sup> C. Balducci<sup>1</sup>, T. Rossi<sup>1</sup>, B. Giannelli Moneta<sup>1</sup>, M. Giusto<sup>1</sup>, T. Sargolini<sup>1</sup>, M. Perilli<sup>1</sup>, M. Cerasa<sup>1</sup>, G. Di Carlo<sup>2</sup>, D. Pomata<sup>3</sup>

<sup>1</sup>C.N.R. Istituto sull'Inquinamento Atmosferico (IIA), Monterotondo St., Roma, 00015, Italia

<sup>2</sup>C.N.R. Istituto sui Materiali Nanostrutturati (ISMN), Monterotondo St., Roma, 00015, Italia

<sup>3</sup>Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro, Roma, 00143, Italia

[adriana.pietrodangelo@cnr.it](mailto:adriana.pietrodangelo@cnr.it)

L'inalazione rappresenta la principale via di esposizione dei lavoratori alle micro- e nanoplastiche (MNP). La concentrazione aerodispersa di MNP negli ambienti confinati (indoor) può risultare significativamente più elevata rispetto a quella nell'aria di ambienti esterni (outdoor), in particolare nei luoghi di lavoro in cui si svolgono attività di produzione, utilizzo o smaltimento

di materiali plastici. Ciononostante, gli studi sulle MNP aerodisperse restano limitati e fortemente eterogenei rispetto a quelli rivolti ad altre matrici (acque, suoli).

A differenza delle MNP sintetizzate, quelle emesse come prodotto involontario di processamento sono tuttora non regolamentate negli ambienti di lavoro, poiché i dati disponibili sulla loro presenza nell'aria indoor sono limitati e mancano approcci armonizzati per l'identificazione e la quantificazione delle MNP nel mix delle particelle aerodisperse, inficiando la valutazione dell'esposizione occupazionale (Murashov et al., 2021).

In tale contesto, il progetto INAIL BRiC CELLOPHAN è il primo progetto italiano interamente dedicato a documentare la presenza e le caratteristiche (chimiche, dimensionali, morfologiche) delle micro- e nanoplastiche inalabili in ambienti di lavoro ad alta specificità (lavorazione pneumatici, imbottigliamento di acque, produzione di tessuti sintetici).

Il progetto ha permesso di sviluppare un approccio integrato multi-tecnica per l'analisi completa delle MNP in aria, di identificare relazioni tra il tipo di emettitore (sorgente, quale ad es. uno specifico processo) ed i tipi di micro- nanoplastiche e/o di classi di sostanze organiche associate, e di fornire dati sui livelli di concentrazione delle MNP in differenti condizioni di esposizione (vicino a sorgenti emissive, E; aree di esposizione media, A.E.; altri ambienti, quali gli uffici).

Murashov V., Geraci C.L, Schulte P.A and Howard J. (2021). *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 18:10-11, 489-494

## **Inquinamento da plastica: il Trattato Globale sulle plastiche e le Missioni europee**

Fantina MADRICARDO<sup>1</sup> (CNR ISMAR)

<sup>1</sup>Prima ricercatrice CNR-ISMAR e membro della Delegazione Italiana a INC-3, INC-4 e INC 5.2 a supporto del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE)

L'inquinamento da plastica rappresenta una minaccia sistemica per ecosistemi, salute pubblica ed economie nazionali. Si stima che dal 1950 sono state prodotte oltre 9,2 miliardi di tonnellate di plastica, con una quota minima riciclata e un accumulo crescente di rifiuti mal gestiti che contaminano suoli, aria, acqua e organismi. Le plastiche contengono più di 10.000 sostanze chimiche, molte delle quali persistenti e potenzialmente tossiche, con impatti documentati su salute umana, biodiversità e produttività economica.

Nel marzo 2022, la risoluzione UNEP 5/14 ha avviato un negoziato internazionale per sviluppare uno strumento internazionale giuridicamente vincolante sull'inquinamento da plastica, anche nell'ambiente marino che è tuttora in corso. Solo con un approccio globale, coordinato e comprensivo di interventi a monte si possono ridurre in maniera drastica i rifiuti plastici, che a loro volta generano micro- e nanoplastiche. Tale transizione richiede investimenti significativi, meccanismi finanziari innovativi e un forte allineamento politico internazionale, soprattutto per sostenere i Paesi con sistemi di gestione meno sviluppati.

L'evidenza scientifica converge su un messaggio chiaro: ritardare l'azione aumenterà i costi economici, sanitari e ambientali. Un trattato ambizioso e basato su solide basi scientifiche è essenziale per proteggere la salute pubblica, garantire la resilienza degli ecosistemi e sostenere una transizione globale verso sistemi produttivi e di consumo più sicuri, sani e sostenibili.

Questo intervento è volto a descrivere lo status delle trattative dell'International Negotiation Committee on Plastic Pollution (INC) a livello globale anche alla luce degli ultimi sviluppi geopolitici e presenta una sintesi delle posizioni europee. Infine, saranno le misure proposte a livello europeo nell'ambito delle Missioni Europee al fine trovare nuove soluzioni per ridurre l'inquinamento da plastiche e microplastiche.

## Comportamento di plastiche a base di PLA in ambiente marino

Lucia CONZATTI (CNR SCITEC)

L. Conzatti\*, R. Utzeri, M. Vignolo, P. Stagnaro

*Istituto di Scienze e Tecnologie Chimiche "Giulio Natta" SCITEC - CNR, Genova, Italy*

*\*lucia.conzatti@cnr.it*

A causa delle crescenti preoccupazioni ambientali e dell'esaurimento delle risorse petrolchimiche, le bioplastiche, intese qui come polimeri di origine biologica e biodegradabili, hanno attratto un interesse sempre maggiore non solo da parte della comunità scientifica e del settore industriale, ma anche dell'opinione pubblica e dei decisori politici. I poliesteri di origine biologica, quali il poli(acido lattico) (PLA), i poliidrossialcanoati e il poli(butilene succinato), sono oggetto di particolare attenzione; tra questi, il PLA appare l'alternativa più promettente ai poliesteri di origine petrolchimica, anche grazie alla sua apprezzabile velocità di degradazione in condizioni di compostaggio industriale. Tuttavia, sebbene il PLA si degradi sulla terraferma circa 20 volte più rapidamente del polietilene ad alta densità, i due polimeri mostrano un comportamento sorprendentemente simile in ambiente marino [1].

Nel contesto del progetto BIOPLASTICS EUROPE [2] e di altre ricerche correlate, finalizzate allo sviluppo e all'implementazione di strategie sostenibili e di innovazione circolare per la produzione e l'utilizzo delle plastiche di origine biologica, nonché alla salvaguardia della qualità ambientale terrestre e marina [3], diversi materiali a base di PLA sono stati studiati come candidati promettenti per applicazioni sostenibili a breve e medio termine, quali posate, imballaggi rigidi e film pacciamanti per uso agricolo.

In questo lavoro sono state condotte prove di degradazione in campo su tre compound a base di PLA immersi nel Mar Mediterraneo e nel Mare del Nord, in presenza o assenza di esposizione diretta alla luce solare. La temperatura e altri parametri rilevanti dell'acqua sono stati monitorati durante l'intero periodo di esposizione (fino a oltre un anno). L'aspetto e la massa dei campioni, così come le loro proprietà meccaniche a trazione (ISO 527-1÷5), il comportamento termico (DSC, TGA) e le caratteristiche spettroscopiche (ATR-FTIR) e morfologiche (SEM), sono stati valutati a diversi tempi di recupero e confrontati con quelli dei campioni prima dell'esposizione in ambiente marino.

### **Ringraziamenti**

*Il progetto BIO-PLASTICS EUROPE finanziato dal programma di ricerca e innovazione H2020 (Grant Agreement n. 860407). IBF-CNR e IAS-CNR per aver gentilmente messo a disposizione le stazioni marine di Camogli (Genova, Italia) e del porto di Genova, Italia. IVL Swedish Environmental Research Institute (Sweden).*

### **Riferimenti**

- [1] A. Chamas et al., "Degradation Rates of Plastics in the Environment". *ACS Sustainable Chem. Eng.* **2020**, 8, 3494–3511.
- [2] S. Agustin-Salazar, L. Conzatti, R. Utzeri et al., "Bio-Based Plastics: Challenge or Reality? Perspectives and Constraints of Their Exploitation as Sustainable Alternative to Fossil Plastics" in "Innovative Approaches to Handle Plastic Waste and Foster Bio-based Plastics Production", W. Leal Filho J. Barbir, N.H. Nguyen, R. Saborowski Eds, World Sustainability Series, Springer 2025, Part F409, pp. 387–406 (ISSN 21997373).
- [3] M. Di Giannantonio, C. Gambardella, R. Miroglio, E. Costa, F. Sbrana, M. Smerieri, G. Carraro, R. Utzeri, M. Faimali F. Garaventa, "Ecotoxicity of Polyvinylidene Difluoride (PVDF) and Polylactic Acid (PLA) Microplastics in Marine Zooplankton. *Toxics* 2022, 10, 479.

**Degradazione e destino ambientale dei film pacciamanti biodegradabili  
a base di PBAT post uso nel suolo agricolo**  
Pierfrancesco CERRUTI (CNR IPCB)

**Fate of post-use biodegradable starch/pbat mulch films in agricultural soil**

Fabiana Convertino,<sup>1</sup> Sabrina Carola Carroccio,<sup>2</sup> Mariacristina Cocca,<sup>3</sup> Sandro Dattilo,<sup>2</sup> Anna Chiara Dell'Acqua,<sup>1</sup> Sarai Agustin Salazar,<sup>3</sup> Luca Nizzetto,<sup>4,5</sup> Paolo Maria Riccobene,<sup>2</sup> Giuliano Vox,<sup>1</sup> Domenico Zannini,<sup>3</sup> Evelia Schettini,<sup>1</sup> Pierfrancesco Cerruti<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Department of Soil, Plant and Food Science, University of Bari, Bari, Italy*

<sup>2</sup>*Institute of Polymers, Composites and Biomaterials (CNR-IPCB), Catania, Italy*

<sup>3</sup>*Institute of Polymers, Composites and Biomaterials (CNR-IPCB), Pozzuoli, Italy*

<sup>4</sup>*Norwegian Institute for Water Research, Oslo, Norway*

<sup>5</sup>*Research Centre for Toxic Compounds in Environment, Masaryk University, Brno, Czech Republic*  
*pierfrancesco.cerruti@cnr.it*

Plastic mulch films (MFs) in agriculture limit soil water loss, suppress weeds, and prevent erosion, however environmental factors like temperature fluctuations, rainfall, wind, and UV exposure cause their breakdown into microplastics that pollute farmland soil [1]. Even biodegradable alternatives may leave comparable residues to conventional plastics. This study examines the long-term degradation of black starch/PBAT biodegradable MF when buried in Mediterranean agricultural soil for 16 months. Both unaged and UV-exposed samples underwent visual, chemical, structural, morphological, and tensile testing pre- and post-burial, with macro- and microplastic remnants quantified after the trial. Results show rapid starch loss (faster in UV-aged films) alongside slower PBAT breakdown, with 57% (pristine) and 66% (aged) surface reduction after 478 days, leaving about 20% as microplastics [2]. These findings underscore biodegradation challenges for advanced mulch films under real-field conditions, stressing the importance of in situ testing for evaluating soil health and agroecosystem impacts.

**Acknowledgements:** Funding from the EU H2020 PAPHILONS project (Grant Agreement No 101000210), and SisTEmi multifunzionali nanofibrosi per controllare e ridurre gli impatti ambientali nei sistemi agricoli (TERRE, Progetti@CNR SAC.AD002.173.41) is acknowledged.

References

- [1]. Hurley, R., Binda, G., Briassoulis, D., Carroccio, S. C., Cerruti, P., Convertino, F., .et al. (2024). Production and characterisation of environmentally relevant microplastic test materials derived from agricultural plastics. *Science of the Total Environment*, 946, 174325.
- [2]. Convertino, F., Carroccio, S. C., Cocca, M. C., Dattilo, S., Dell'Acqua, A. C., Gargiulo, L., et al. (2024). The fate of post-use biodegradable PBAT-based mulch films buried in agricultural soil. *Science of the Total Environment*, 948, 174697.

**Polymeric microrobot swarms per la cattura di microplastiche in acqua**  
Martina USSIA (CNR IMM)

Questo lavoro presenta microrobot magneticamente controllati progettati per la cattura attiva di microplastiche e batteri in ambienti acquatici. I microrobot dispersi in acqua si auto-assemblano in sciami dinamici rotanti, modulando il moto collettivo sotto campi magnetici esterni. I sistemi consentono la rimozione in tempo reale dei contaminanti, seguita da recupero e rilascio controllato tramite ultrasuoni. Un successivo trattamento UV garantisce la completa sanificazione dell'acqua. La strategia proposta rappresenta una soluzione sostenibile e riutilizzabile per la decontaminazione.

**Tecnologia a membrana per la mitigazione dell'impatto ambientale  
delle micro e nanoplastiche**  
Teresa POERIO (CNR ITM)

Teresa Poerio\*, Beatrice Russo, Alberto Figoli  
*Institute on Membrane Technology "Enrico Drioli", National Research Council (ITM-CNR), Via Pietro Bucci 17C,  
87036, Rende (CS), c/o Unical Campus, Italy  
teresa.poerio@cnr.it*

The widespread occurrence of micro- and nanoplastics (MNPs) in aquatic environments highlights municipal wastewater treatment plants as key pathways for their release. In this context, advanced tertiary treatment technologies are essential to improve removal efficiency, especially for particles below conventional filtration limits [1-3]. This study evaluates nanofiltration (NF) as a sustainable strategy for MNPs mitigation. Experiments were conducted using real effluent from a municipal wastewater treatment plant in Calabria, Italy. The system operated at an optimized transmembrane pressure (TMP) of 6.5 bar and a feed flow rate of 80 L/h, achieving a high volume reduction factor (VRF) of 139. This enabled effective concentration of MNPs in the retentate and the production of a permeate with negligible plastic contamination. Membrane fouling was the main operational limitation, causing a decline in permeate flux. Analysis through Hermia's models indicated a transition from pore blocking mechanisms to cake layer formation, influenced by the complex composition of wastewater. However, fouling was largely reversible. A chemical-free cleaning protocol—combining in situ backwashing with permeate and ex situ rinsing with hot distilled water (80 °C)—restored up to 98% of the initial permeability. These findings demonstrate that NF membrane processes represent an efficient, scalable, and environmentally sustainable solution for MNPs removal, supporting their integration into wastewater treatment systems to reduce plastic emissions into aquatic environments.

#### References

- [1] Russo, B.; Lavorato, C.; Argurio, P.; Limonti, C.; Siciliano, A.; Figoli, A.; Poerio, T. *Sep. Purif. Technol.* 2025, 376, 134121.
- [2] Severino, A.; Russo, B.; Lavorato, C.; Argurio, P.; Figoli, A.; Molinari, R.; Poerio, T. *Sep. Purif. Technol.* 2025, 360, 131232.
- [3] Poerio, T.; Lavorato, C.; Severino, A.; Russo, B.; Molinari, R.; Argurio, P.; Figoli, A. *J. Environ. Chem. Eng.* 2024, 12, 113310.

#### Acknowledgements

The authors thank the project "Tech4You—Technologies for climate change adaptation and quality of life improvement"—National Recovery and Resilience Plan (NRRP), Mission 4, Component 2, Investment 1.5, funded from the European Union—NextGenerationEU, Identity code: ECS 00000009 CUP B83C22003980006.

**Contaminazione ematica da micro e nano plastiche:  
l'aferesi come possibile opzione terapeutica**  
Letizia BOCCHI (Medica)

*Letizia Bocchi PhD, Dr. Davide Paci — Medica S.p.A., Medolla (MO), Italia*

Introduzione. Le micro e nanoplastiche (MNP) sono rilevabili nel sangue del 77% dei donatori sani (concentrazione media 1,6 µg/mL) e si accumulano progressivamente in organi critici: le concentrazioni cerebrali risultano 7–30 volte superiori a quelle epatiche e renali e sono aumentate del 50% nel periodo 2016–2024. La presenza di MNP nelle placche carotidee è associata a un rischio di infarto, ictus o morte cardiovascolare 4,53 volte maggiore rispetto ai soggetti non esposti (Marfella et al., *NEJM* 2024). In assenza di strategie terapeutiche validate per la riduzione del carico sistemico di MNP, l'aferesi extracorporea rappresenta un approccio promettente.

**Obiettivi.** Valutare la capacità del filtro frazionatore plasmatico Medica FractioSmart L 2.0 di ritenere particelle di dimensioni compatibili con le MNP circolanti nel plasma umano.

**Metodi.** Plasma umano è stato addizionato con microsfele fluorescenti (latex beads LBF, 20 ppm) in tre diametri: 210, 300 e 510 nm. I campioni sono stati sottoposti a filtrazione continua (0–30 min) attraverso il FractioSmart L 2.0 (membrana capillare cava in polietersulfone). La fluorescenza è stata misurata in entrata e nel filtrato a intervalli regolari, con sottrazione del segnale di fondo del plasma.

**Risultati.** Il filtro ha mostrato una ritenzione superiore al 99% per tutte le dimensioni testate, con valori di picco del 99,9% per le particelle da 300 e 510 nm. Le performance sono rimaste stabili per tutta la durata della filtrazione senza evidenza di saturazione o breakthrough. Gli esperimenti di controllo hanno confermato che le proteine plasmatiche attraversano liberamente la membrana.

**Conclusioni.** Il FractioSmart L 2.0 trattiene efficacemente particelle di dimensioni compatibili con le MNP nel range 210–510 nm in plasma umano in condizioni simulate di aferesi. Questi dati in vitro, integrati con la prima evidenza clinica pubblicata da Bornstein et al. (Brain Med, 2025), supportano l'ipotesi che la filtrazione plasmatica extracorporea possa costituire una strategia terapeutica per la riduzione del carico ematico di MNP. Studi clinici prospettici con quantificazione pre/post trattamento sono necessari per la validazione traslazionale.

### **Destino ambientale delle microplastiche: dagli ecosistemi acquatici al consumo umano**

Chiara SARTI (Università di Firenze)

Le microplastiche rappresentano una contaminazione emergente diffusa in tutti gli ambienti acquatici, con implicazioni crescenti per gli ecosistemi e la salute umana. Questo studio indaga il destino ambientale delle microplastiche lungo un continuum che va dagli ambienti fluviali fino al consumo umano.

Attraverso un approccio integrato basato su casi studio nell'area del fiume Arno, è stato possibile evidenziare come i sistemi fluviali agiscano da importanti vettori di trasporto verso gli ambienti costieri, contribuendo in modo significativo alla contaminazione marina. Le analisi condotte in contesti urbani e costieri mostrano un'elevata abbondanza di microplastiche, con una predominanza di fibre di origine tessile.

La contaminazione si estende lungo la catena trofica marina, come dimostrato nel caso studio condotto su esemplari di *Mullus barbatus* del Mar Mediterraneo, con elevati livelli di ingestione e una chiara evidenza di trasferimento trofico.

Parallelamente, un'ulteriore ricerca focalizzata sull'analisi di acque potabili commerciali evidenzia la presenza diffusa di microplastiche, indicando un'ulteriore via diretta di esposizione umana.

Complessivamente, i risultati sottolineano la necessità di un approccio integrato per comprendere e mitigare il rischio associato alle microplastiche all'interno dei diversi comparti ecosistemici.