

Attività finanziata con il contributo previsto nell'ambito dell'iniziativa Dipartimenti di Eccellenza MUR 2023-2027 (L. 232 del 01/12/2016)



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DIPARTIMENTO  
DI CHIMICA  
"GIACOMO CIAMICIAN"



**cifla**  
Centro per l'innovazione  
tecnologica e sociale



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DIPARTIMENTO  
DI SCIENZE BIOLOGICHE,  
GEOLOGICHE E AMBIENTALI



CENTRO  
INTERDIPARTIMENTALE  
DI CHIMICA  
PER LE SCIENZE AMBIENTALI



Comune  
di Ravenna



TECNOPOLO RAVENNA



VINAVIL



Società  
Chimica  
Italiana

Gruppo Interventivo di  
Green Chemistry - Promoting Sustainability



Società  
Chimica  
Italiana



SETAC  
Italia



HERAmbiente



B-Plas

A brand of  
Aquilone Group



MICOPERI BLUE GROWTH

## Comunicazioni orali

**K1.** Paola Fabbri - Plastica e ambiente: alla ricerca degli strumenti giusti per gestire una relazione difficile

### Sezione 1. Monitoraggio in matrici ambientali: suolo, aria, acqua e biota

**O1.** Daniele Fabbri - Microplastiche: come ponderarle e rac-contarle

**O2.** Oriana Motta - First evidence of microplastics in human semen, follicular fluids and urine samples

**O3.** Giuseppe Suaria - Inquinamento da fibre tessili in ambiente marino: metodi di campionamento, caratteristiche, impatti e soluzioni

**O4.** Eugenio Giovannetti - Sonde fluorescenti di chitosano per l'analisi di microplastiche in campioni ambientali

**O5.** Simona Ortelli - Caratterizzazione chimico-fisica e colloidale di microplastiche in matrici ambientali

**O6.** Marco Mattonai - Micro- e nanoplastiche nell'aria: sviluppo di un metodo quantitativo basato su pirolisi analitica con iniezione splitless

**O7.** Giorgia Sciutto - Exploiting the potentialities of hyperspectral imaging systems (HSI) for the rapid and direct detection of microplastics and tyre wear particles in environment matrices

### Sezione 2. Effetti biologici su organismi acquatici e terrestri: dalle microplastiche agli additivi

**O8.** Elena Fabbri - Microplastiche o additivi da esse rilasciati: cosa è peggio?

**O9.** Laura Canesi - Effetti di additivi delle plastiche nel modello di invertebrato marino *Mytilus*: il Bisfenolo A come caso di studio

**O10.** Beatrice De Felice - Approccio multilivello per la valutazione della tossicità di microplastiche derivate da oggetti in bioplastica nei confronti di *Daphnia magna*

**O11.** Simona Mondellini - Ingestione dimensione-dipendente e trasferimento trofico di microplastiche di polistirene in eucarioti unicellulari dulciacquicoli

**O12.** Michela Salamone - Valutazione della tossicità ambientale e della biodegradazione di materiali plastici in contatto con microorganismi isolati da sedimenti marini.

**O13.** Laura Sforzi - Gli ecosistemi invisibili: microplastiche nelle acque sotterranee e il loro impatto sulla biodiversità

**O14.** Valentina Iannilli - Impatti tossicologici delle microplastiche sugli anfipodi: evidenze nelle specie *Echinogammarus veneris* e *Cryptorchestia garbinii*

### **Sezione 3. Il quadro normativo italiano sulle microplastiche**

**O15.** Eleonora Brancaleone - Microplastiche nelle acque destinate al consumo umano: aspetti normativi ed effetti sulla salute

### **Sezione 4. Soluzioni alternative: plastiche sostenibili, riciclabili, biodegradabili nella ricerca accademica**

**O16.** Anna Liguori - Materiali plastici sostenibili nella ricerca accademica

**O17.** Jessica Costa - Sviluppo di packaging attivo a base di chitosano nell'ottica dei principi dell'economia circolare

**O18.** Andrea Ricci - Sviluppo di strategie green per la depolimerizzazione di PET attraverso ingegneria proteica e coltivazione di microalghe

**O19.** Angelica Giovagnoli - Sintesi, caratterizzazione e applicazione di molecole lipofile come coating idrofobizzante per packaging di cellulosa

**O20.** Alice Caravella - Produzione di acetato di cellulosa a partire da scarti di lavorazione della vite

**O21.** Vittoria Bottau - The effect of the addition of biofiller in PVC artificial leather

### **Sezione 5. Soluzioni alternative: plastiche sostenibili, riciclabili, biodegradabili a livello industriale**

**O22.** Giulia Gregori - Innovazione e tracciabilità nelle filiere della bioeconomia circolare

**O23.** Sofia Pesce - Il riciclo del PET: dalla Bottiglia al granulo PET riciclato food-contact

**O24.** Francesco Romano - Una nuova soluzione per il riciclo: il tracer-based-sorting

**O25.** Alisar Kiwan - Upcycling dei fanghi di scarto: l'innovativo processo B-Plas

**O26.** Giorgia Giusti - Trattamenti chimici e fisici della cellulosa per applicazioni nell'ambito dell'imballaggio alimentare

## Comunicazioni poster

- P1.** Francesco Arfelli - Analisi del ciclo di vita della plastica: stato dell'arte e prospettive
- P2.** Cristina Luccarini - Interferenti endocrini derivati dalle plastiche nelle acque superficiali interne e marine costiere: evento alluvionale del 2023 in Emilia-Romagna
- P3.** Lavinia Casati - Effetti molecolari, biochimici e comportamentali indotti dalle nanoparticelle di polistirene in *Daphnia magna*
- P4.** Luigi Gamberini - Miscele polimeriche di acido polilattico con materiali termoindurenti biobased, chimicamente riciclabili e self-healing
- P5.** Matteo Calosi - Produzione di calze per l'allevamento di cozze a base di plastica bio-based da riciclo secondario e studio delle loro proprietà di biodegradazione
- P6.** Stefano Farioli Vecchioli - Inhalation of nanoplastics in the mouse model: tissue biodistribution and effects on the olfactory system
- P7.** Alessandro Girolamo Rombolà - Approccio multi-analitico allo studio delle bioplastiche in ambiente
- P8.** Serena Scala - Analisi degli additivi delle bioplastiche ed effetti di tossicità sui primi stadi vitali di *Mytilus galloprovincialis*
- P9.** Eleonora Conterosito - Quantificazione della fotodegradazione delle microplastiche: luci ed ombre della spettroscopia micro-FTIR
- P10.** Costanza Scopetani - Pacciamatura: valutazione del trasferimento di contaminanti e confronto tra materiali plastici convenzionali e biodegradabili.
- P11.** Marco Scaramelli - Parking Lots as a Source of Microplastics in Urban Environments: Site Characterization and First Effects on Model Springtail Species
- P12.** Susanna Guernelli - Biochar e microplastiche: decontaminazione biocompatibile?
- P13.** Irene Coralli - Approccio analitico multi-tecnica per lo studio delle eco-interazioni tra nanoplastiche e polline
- P14.** Vanessa Spadavecchia - Scale-up of multilayer packaging delamination process using CO<sub>2</sub>-switchable surfactants.
- P15.** Stefania Federici - Sviluppo di materiali test ad elevata rilevanza ambientale per l'analisi di micro- e nanoplastiche
- P16.** Massimo Zacchini - Valutazione della tossicità e del trasferimento trofico in *Spirodela polyrhiza* (L) Schleid. e *Echinogammarus veneris* (Heller, 1865) esposti a microparticelle di polietilene
- P17.** Clara Duca - Individuazione di sostanze microinquinanti provenienti da acque fluviali e di scarico urbane

- P18.** Vittoria Stefanelli - Approccio innovativo alla produzione di Polioidrossialcanoati (PHA): alimentazione disaccoppiata di Carbonio e Azoto e prelievo anticipato della biomassa
- P19.** Marco Parolini - Valutazione ecotossicologica di nuovi materiali derivati da plastiche miste non riciclabili
- P20.** Marco Parolini - Sviluppo di una metodica standardizzata per l'identificazione e la caratterizzazione delle microplastiche aerodisperse in ambiente lavorativo
- P21.** Martina Franchini - Characterisation of the algal-bacterial consortium in polyhydroxybutyrate (PHB)-producing mixotrophic cultures of *Desmodesmus communis*
- P22.** Valentina Iannilli - Small MICROplastics (<100 µm) bioindicator in the changing Arctic Environment. Il progetto MICROTRACER
- P23.** Chiara Capolungo - Sviluppo di nuovi sensori luminescenti a base di acido ialuronico per il rilevamento di micro- e nanoplastiche
- P24.** Andrea Palazzi - Analisi della contaminazione da micro- e macroplastiche nei fontanili lombardi
- P25.** Vincenzo Villani - Modello cinetico della degradazione della plastica in mare da Macro a Micro e Nanoplastica
- P26.** Chiara Lenzi – Synthesis and immobilization of iron-based N-heterocyclic carbene complexes for water oxidation
- P27.** Sara Benedetta Cabigliera - Sinergia Microbica: Esplorazione del Biorisanamento e della Dinamica delle Microplastiche nella Resilienza Ambientale
- P28.** Leonardo Barlucchi - Studio della degradazione di plastiche biodegradabili durante invecchiamento accelerato in acqua di mare
- P29.** Andrea Piazza - FURTHER – FURans THechnology in Emilia Romagna
- P30.** Angela Pintus - Valorizzazione di scarti plastici mediante funzionalizzazione con ossido di grafene e riuso per processi di adsorbimento specifico
- P31.** Andrea Trifoglio - Recupero di rifiuti plastici dell'industria biomedica e loro riuso come adsorbenti per la rimozione di inquinanti emergenti nelle acque

# First evidence of microplastics in human semen, follicular fluids and urine samples

Motta O.<sup>1</sup>, Ricciardi M.<sup>2</sup>, Piscopo M.<sup>3</sup>, Giorgini E.<sup>4</sup>, Raimondo S.<sup>5</sup>, Ferrante M.<sup>6</sup>, Montano L.<sup>7,8</sup>.

<sup>1</sup>Department of Medicine Surgery and Dentistry "Scuola Medica Salernitana", University of Salerno, Via S. Allende, 84081 Baronissi (SA), Italy;

<sup>2</sup>Department of Chemistry and Biology, University of Salerno, via Giovanni Paolo II, 84084 Fisciano (SA) Italy;

<sup>3</sup>Department of Biology, University of Naples Federico II, Via Cinthia, 21, 80126 Naples, Italy;

<sup>4</sup>Department of Life and Environmental Sciences, DiSVA, Università Politecnica Delle Marche, 60121 Ancona, AN, Italy

<sup>5</sup>"Gentile s.a.s." research center - Gragnano (NA), Italy;

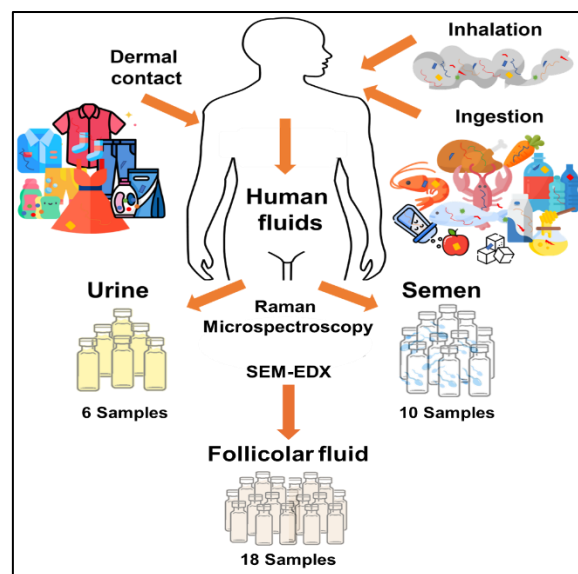
<sup>6</sup>Environmental and Food Hygiene Laboratory (LIAA), Department of Medical, Surgical and Advanced Technology "G.F. Ingrassia", University of Catania, Catania, Italy; International Society of Doctors for Environments - ISDE, Catania Section, Italy;

<sup>7</sup>Andrology Unit and Service of Lifestyle Medicine in UroAndrology, Local Health Authority (ASL) Salerno, Coordination Unit of the Network for Environmental and Reproductive Health (Eco-Food Fertility Project), "S. Francesco di Assisi Hospital", 84020 Oliveto Citra, SA, Italy; <sup>8</sup>PhD Program in Evolutionary Biology and Ecology, University of Rome "Tor Vergata", 00133 Rome, Italy

**Keyword:** plastic pollution, microplastics, human reproductive health, fertility, urine samples

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

**Abstract:** Microplastics (MPs), i.e. plastic particles with a diameter lower than 5 mm, reach the environment through various routes such as improper disposal of plastic waste, industrial and domestic discharge, atmospheric transport, wet and dry deposition, use of sewage sludge and plastic mulching in agricultural land. Based on their origin, MPs can be classified as primary (intentionally manufactured particles) or secondary (derived from the deterioration of larger plastics) [1]. Recent studies related to the presence of microplastics in the environment have highlighted the contamination of air, water, food, and soil, and, hence, it is not surprising to detect these pollutants in human samples, too [2]. The human body's exposure to microplastics occurs through ingestion (seafood, drinking water and fruits), inhalation and dermal contact [3]. The present work is a preliminary study to assess the presence of MPs in particular human fluids such as urine, semen and ovarian follicular fluid to understand the evolution of MPs after the intake process and their possible accumulation in the human body.



Outline of the study.

Urine and semen samples, collected from volunteers coming from different cities in the south of Italy, have been analysed by Raman Microspectroscopy, whereas MPs in ovarian follicular fluid from women undergoing assisted reproductive treatment were identified by Scanning Electron Microscopy and Energy-Dispersive X-

Ray Spectroscopy (SEM-EDX). Environmental and procedural blanks were also analyzed to rule out any possible contamination during the analysis, and no MPs were found.

Microplastics in urine samples ranged from 4 to 15µm, while smaller fragments (2–6 µm) were found in semen. As regards the chemical composition, the most common polymers present in daily life, including polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyethylene terephthalate (PET), polyethylene (PE), polyoxymethylene (POM), polyvinylchloride (PVC), polycarbonate (PC) and polyvinyl alcohol (PVA), were identified by Raman Microspectroscopy. For ovarian follicular fluid, SEM-EDX analyses allowed to identify an average of 2191 MP particles/mL (0 - 7181 particles/mL), with a mean diameter of 4.48 µm (3.18-5.54 µm).

In conclusion, for the first time, we identified and quantified MPs in urine, semen and ovarian follicular fluid samples from volunteers coming from different cities in the south of Italy.

We believe that the scientific research should focus on new methodologies and analytical protocols able to evaluate the effects of MPs in humans and animals, to better characterize the level of risk and to understand the possible transportation routes in biological fluids and tissues.

#### **Riferimenti bibliografici:**

1. Ricciardi, M.; Pironti, C.; Motta, O.; Miele, Y.; Proto, A.; Montano, L. Microplastics in the Aquatic Environment: Occurrence, Persistence, Analysis, and Human Exposure. *Water* **2021**, *13*, 973, doi:10.3390/w13070973.
2. Pironti, C.; Ricciardi, M.; Motta, O.; Miele, Y.; Proto, A.; Montano, L. Microplastics in the Environment: Intake through the Food Web, Human Exposure and Toxicological Effects. *Toxics* **2021**, *9*, 224, doi:10.3390/toxics9090224.
3. Prata, J.C.; da Costa, J.P.; Lopes, I.; Duarte, A.C.; Rocha-Santos, T. Environmental Exposure to Microplastics: An Overview on Possible Human Health Effects. *Science of The Total Environment* **2020**, *702*, 134455, doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134455.

# Inquinamento da fibre tessili in ambiente marino: metodi di campionamento, caratteristiche, impatti e soluzioni

Giuseppe Suaria<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CNR-ISMAR, Istituto di Scienze Marine – Consiglio Nazionale delle Ricerche, Forte S. Teresa, Pozzuolo di Lerici, 19032, Lerici (SP).

**Keyword:** microplastiche, microfibre tessili, contaminazione

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

**Abstract:** La produzione globale di fibre tessili, sia sintetiche che naturali, è più che raddoppiata negli ultimi 20 anni, raggiungendo i 107 milioni di tonnellate nel 2018, e si prevede che raggiungerà i 145 milioni di tonnellate nel 2030. I polimeri sintetici dominano il mercato a partire dalla metà degli anni '90, quando hanno superato il cotone come tipologia di fibra dominante. Le fibre sintetiche oggi rappresentano quasi i due terzi della produzione globale di fibre e il 14,5% della produzione di plastica, nonostante sia sempre più chiaro che la maggior parte delle fibre presenti nell'ambiente naturale sono fibre naturali di origine animale o vegetale, come cellulosa, cotone, e lana. Gli usi principali delle fibre tessili sono abbigliamento, arredamento, settore automobilistico e altre applicazioni industriali come l'edilizia, e la cura personale. Il consumo crescente e di prodotti tessili ha portato all'accumulo di abbondanti quantità di queste fibre nell'ambiente naturale, con tempi di degradazione al momento ignoti. Un gran numero di fibre viene scaricato nelle acque reflue dal lavaggio di vestiti e indumenti ed entrano nell'ambiente principalmente attraverso gli effluenti delle acque reflue, la deposizione aerea o attraverso l'applicazione di fanghi contaminati su terreni agricoli. Di conseguenza, le fibre tessili sono ora il tipo più diffuso di particelle di origine antropica rilevate dalle indagini sull'inquinamento da microplastiche in tutto il mondo, rappresentando spesso l'80-90% dei conteggi di microplastiche. Concentrazioni sostanziali di questo contaminante emergente sono state rilevate nell'ambiente marino, nelle zone polari, nei sedimenti marini profondi e costieri, nonché negli ecosistemi terrestri e di acqua dolce. Inoltre, studi recenti hanno segnalato la presenza di queste particelle anche in campioni atmosferici anche nelle zone più remote del pianeta. Data la loro abbondanza, non sorprende che queste fibre siano state rinvenute anche negli alimenti, nell'acqua potabile e nei polmoni umani, nonché nel tratto digestivo di molti organismi acquatici e terrestri. Effetti nocivi sulla salute dovuti all'ingestione di microfibre sono stati osservati negli invertebrati marini, d'acqua dolce e terrestri, ma attualmente non sono disponibili prove di danno per gli organismi selvatici esposti a concentrazioni di fibre rilevanti dal punto di vista ambientale e la nostra comprensione del loro impatto sulle popolazioni naturali è ancora molto limitata. Inoltre, durante la produzione tessile naturale e sintetica viene utilizzata un'ampia varietà di sostanze chimiche, inclusi coloranti, additivi e ritardanti di fiamma, sollevando preoccupazioni sul ruolo delle fibre come vettori di sostanze pericolose nell'ambiente. Questo intervento ha lo scopo di fornire informazioni sulla presenza, le fonti, il destino, l'assorbimento, la tossicità e la persistenza delle fibre naturali e sintetiche nell'ambiente marino, nonché sui principali metodi di quantificazione di questo contaminante in ambiente marino.

## Riferimenti bibliografici:

1. Suaria, G. (2024). The occurrence of natural and synthetic fibers in the marine environment. In: Rathinamoorthy, R., & Balasaraswathi, S.R. (Eds.). *Microfibre Pollution from Textiles: Research Advances and Mitigation Strategies* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003331995>
2. Suaria, G., Achtypi, A., Perold, V., Lee J.R., Pierucci, A., Bornman, T., Aliani, S., Ryan, P.G. (2020). Microfibers in oceanic surface waters: a global characterization. *Science Advances* 6, eaay8493. doi:10.1126/sciadv.aay8493



# Sonde fluorescenti di chitosano per l'analisi di microplastiche in campioni ambientali

Eugenio Giovannetti<sup>1</sup>, Chiara Capolungo<sup>1</sup>, Matteo Cingolani<sup>1</sup>, Mareike Schumacher<sup>2</sup>, Damiano Genovese<sup>1</sup>, Enrico Rampazzo<sup>1</sup>, Nelsi Zaccheroni<sup>1</sup>, Luca Prodi<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician", Alma Mater Studiorum – Università of Bologna, Bologna, Italia;

<sup>2</sup>Istituto di Ricerca Leibniz sui Polimeri, Dresda, Germania;

**Keyword:** Microplastiche, Polimeri, Fluorescenza, Raman, Ambiente

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

## Abstract:

L'inquinamento ambientale da materie plastiche è in aumento esponenziale, a causa delle quantità prodotte e dei lunghi tempi di permanenza nell'ambiente. Tanto gli oggetti di grandi dimensioni, quanto i frammenti nell'ordine dei micrometri e nanometri costituiscono un serio problema per l'ecologia[1]; in particolare, i frammenti più piccoli presentano i maggiori rischi per la salute dell'uomo e degli animali, sebbene ancora solo parzialmente noti, soprattutto per via della mancanza di regolamentazioni complete e di metodi analitici condivisi ed affidabili per la loro identificazione e quantificazione [2].

Il nostro gruppo di ricerca ha sviluppato di recente sonde fluorescenti per l'analisi quantitativa di micro- e nanoplastiche, sfruttando la funzionalizzazione di biopolimeri (acido ialuronico[3] e chitosano) e utilizzando la microscopia di fluorescenza, una tecnica veloce, semplice, con risoluzione spaziale inferiore al micrometro e con sensibilità tale da riuscire a rilevare fino a singole molecole luminescenti.

Le performance dei biopolimeri sintetizzati sono state studiate al variare del loro peso molecolare e tramite funzionalizzazione con diverse molecole fluorescenti. La libreria di biopolimeri multifluoroforici sviluppata nel nostro gruppo permette la rilevazione di nanoplastiche di dimensione minima 100 nm. Inoltre, mediante un approccio di co-marcatura con altre sonde fluorescenti, è possibile rilevare microplastiche anche in campioni ambientali complessi evitando lunghi pre-trattamenti. La co-marcatura, che abbiamo messo a punto anche tramite microscopia correlativa di fluorescenza e Raman, sfrutta una combinazione di vari coloranti e relativi segnali di fluorescenza, può ovviare al problema della bassa selettività delle sonde fluorescenti convenzionali, ed ha permesso di distinguere microplastiche da altri interferenti.

## Riferimenti bibliografici:

1. "Sources, Fate And Effects Of Microplastics In The Marine Environment: A Global Assessment"; *GESAMP 2015*
2. C. Capolungo, D. Genovese, M. Montalti, E. Rampazzo, N. Zaccheroni, and L. Prodi, "Photoluminescence-Based Techniques for the Detection of Micro- and Nanoplastics"; *Chem. Eur. J.*, 2021, 27, 17529–17541
3. M. Cingolani, E. Rampazzo, N. Zaccheroni, D. Genovese and L. Prodi, "Fluorogenic hyaluronan nanogels for detection of micro- and nanoplastics in water"; *Environ. Sci.: Nano*, 2022, 9, 582-588

# Caratterizzazione chimico-fisica e colloidale di microplastiche in matrici ambientali

Ortelli S.<sup>1</sup>, Zaroni I.<sup>1</sup>, Blosi M.<sup>1</sup>, Costa A.L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Istituto di Scienza, Tecnologia e Sostenibilità per lo Sviluppo dei Materiali Ceramici – Consiglio Nazionale delle Ricerche (ISSMC-CNR), Faenza, Italia

**Keyword:** Microplastiche; Mezzi ambientali; Caratterizzazione colloidale

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

**Abstract:** Le microplastiche (MP) possono essere incluse nelle nuove classi di inquinanti emergenti, particolarmente rilevanti nel dibattito scientifico e politico, e considerate possibili fonti di rischio per la salute ambientale e dell'uomo, la fauna e la flora acquatica. Il termine "microplastiche" è stato utilizzato per la prima volta nel 2004 da Thompson in riferimento a frammenti di plastica con dimensioni di circa 20  $\mu\text{m}$  raccolti sulle spiagge e nei mari inglesi<sup>1</sup>. Il principale problema legato all'inquinamento causato dalla plastica, nelle sue diverse dimensioni, è la sua persistenza nell'ambiente, dove si accumula ed entra in contatto con il compartimento biotico<sup>2</sup>. Inoltre, al diminuire delle dimensioni, aumenta la probabilità che i frammenti vengano assorbiti da organismi (ad esempio particelle inferiori a 150  $\mu\text{m}$  sono in grado di attraversare la barriera intestinale dei mammiferi<sup>3</sup>) e di conseguenza aumentano i rischi espositivi associati.

Questo lavoro mira a caratterizzare le principali proprietà chimico-fisiche, morfologiche e colloidali di MP modello: polietilene a bassa densità (LDPE) e poliuretano (PU) esposte in mezzi ambientali, acqua marina (Egg water, EW) e di fiume (Elendt M7). Le MP modello sono state selezionate in quanto LDPE e PU sono materiali disponibili in commercio e comunemente utilizzate come additivi all'interno di svariati prodotti, quali cosmetici a risciacquo, detersivi e vernici.

Per indagare il comportamento delle MP in ambiente acquoso abbiamo misurato il potenziale Zeta (PZ) in funzione del pH e verificato la capacità adsorbente nei confronti del rame disciolto, utilizzato come metallo target, allo scopo di simulare la loro reattività in acque inquinate da metalli pesanti.

I risultati hanno permesso di individuare alcune tendenze nei comportamenti delle MP, in particolare legate alla concentrazione di ioni nei mezzi acquosi. Dalle analisi è emerso che, per la maggior parte dei campioni, le modifiche della stabilità colloidale avvengono in tempi brevi di esposizione, ovvero entro 1 h. Nello specifico si è osservato l'attesa destabilizzazione del sistema colloidale (schiacciamento della curva PZ/pH) se si passa da acqua distillata alle acque rilevanti per l'esposizione ambientale: acqua salata (EW) e acqua di fiume (M7). In particolare, si osserva uno shift verso pH acidi del punto isoelettrico (punto nel quale si neutralizza lo ZP), dovuto all'adsorbimento specifico di anioni, più marcato nel caso dell'acqua di fiume M7 (Figura 1). Questo si riflette nel mantenimento di una carica negativa su tutto il range di pH investigato che giustifica anche la marcata maggiore capacità adsorbente nei confronti del rame dei campioni dispersi in M7, come si osserva in Figura 2. Le osservazioni condotte hanno permesso di verificare il comportamento colloidale e la capacità di adsorbire metalli, potenzialmente disciolti in soluzione acquosa di MP disperse in mezzi rilevanti per l'esposizione ambientale, offrendo indicazioni utili per la stima e l'interpretazione di potenziali effetti ecotossicologici.

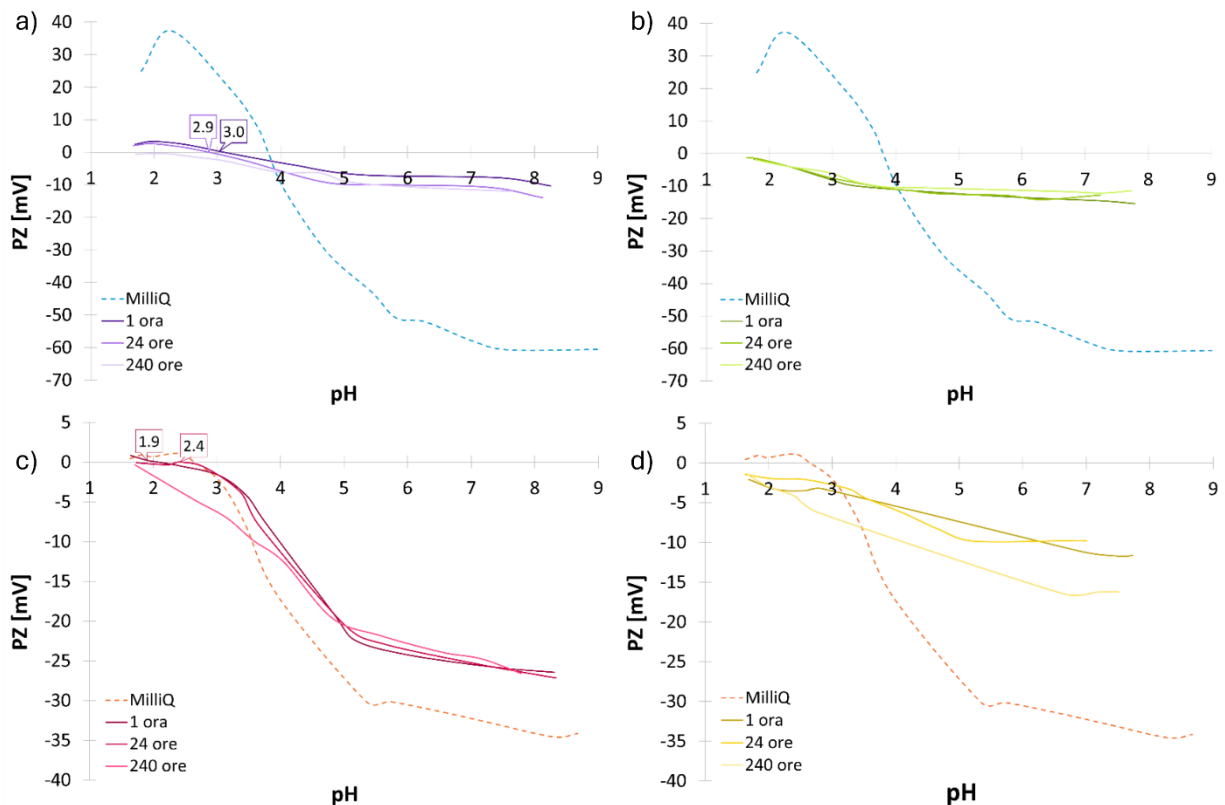


Figura 1. Curva potenziale Zeta (PZ) vs pH di a) LDPE in EW; b) LDPE in M7; c) PU in EW e d) PU in M7.

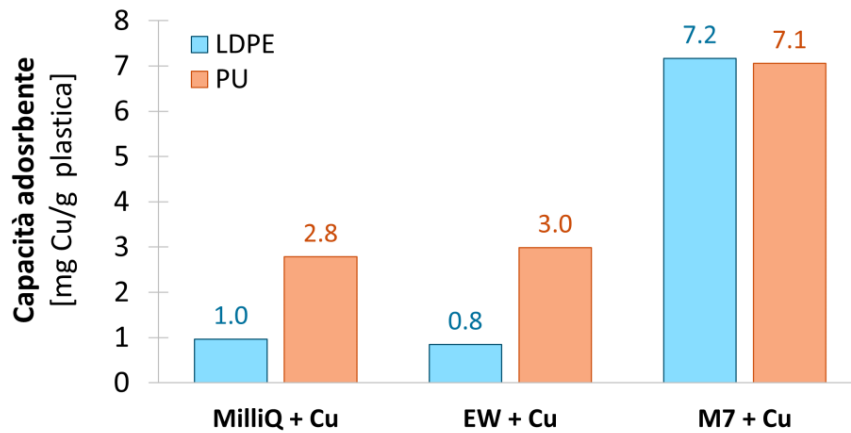


Figura 2. Confronto tra la percentuale di Cu adsorbita dalle microsferi di LDPE e PU nei mezzi: acqua MilliQ, acqua marina (EW) e di fiume (M7).

**Ringraziamenti:** Questo studio ha ricevuto finanziamenti dal progetto europeo H2020 “PlasticsFatE” (GA N 965367) e dal progetto nazionale PRIN PNRR 2022 “DOMANI” (N P2022SET7C).

#### Riferimenti bibliografici:

1. Thompson, R.C., Olsen, Y., Mitchell, R.P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A.W.G., McGonigle, D., Russell, A.E., Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 2004, 304, 838.
2. Wu, W.M., Yang, J., Criddle, C.S., Microplastics pollution and reduction strategies. *Front. Environ. Sci. Eng.* 2017, 11, 1–4.
3. van Raamsdonk, L.W.D., van der Zande, M., Koelmans, A.A., Hoogenboom, R.L.A.P., Peters, R.J.B., Groot, M.J., Peijnenburg, A.A.C.M., Weesepoel, Y.J.A., Current Insights into Monitoring, Bioaccumulation, and Potential Health Effects of Microplastics Present in the Food Chain. *Foods* 2020, 9, 72.

# Micro- e nanoplastiche nell'aria: sviluppo di un metodo quantitativo basato su pirolisi analitica con iniezione splitless

Marco Mattonai<sup>1</sup>, William Pipkin<sup>2,3</sup>, Leonardo Barlucchi<sup>1</sup>, Greta Biale<sup>1</sup>, Jacopo La Nasa<sup>1</sup>, Francesca Modugno<sup>1</sup>, Norio Teramae<sup>2</sup>, Shogo Kumagai<sup>3</sup>, Atsushi Watanabe<sup>2</sup>, Chuichi Watanabe<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Pisa, Pisa, Italia

<sup>2</sup>Frontier Laboratories Ltd., Koriyama, Giappone

<sup>3</sup>Graduate School of Environmental Studies, Università di Tohoku, Sendai, Giappone

**Keyword:** pirolisi analitica; spettrometria di massa; particolato atmosferico; microplastiche

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

**Abstract:** La presenza di micro- e nanoplastiche nell'aria (airborne micro- and nanoplastics, AMNP) è stata confermata da studi recenti [1]. Le AMNP costituiscono una frazione relativamente piccola del particolato atmosferico, ma il loro comportamento durante la sospensione nella colonna d'aria è ancora poco conosciuto. La ricerca in questo campo è agli albori, e sono disponibili ben poche informazioni sulla massa di AMNP sospese, sulla loro evoluzione nel tempo, e sulle loro interazioni con l'ambiente e gli organismi viventi.

Benché la maggior parte degli studi sulle AMNP siano stati condotti mediante tecniche spettroscopiche, la pirolisi analitica accoppiata alla gas cromatografia e spettrometria di massa (Py-GC-MS) si è rivelata anch'essa una tecnica potente per ottenere informazioni sulla massa ed i tipi di AMNP [2]. L'uso di questa tecnica per l'analisi quantitativa delle plastiche nel particolato atmosferico presenta nuove sfide, tra cui la bassa percentuale di AMNP rispetto agli altri tipi di particolato, e l'elevato rischio di contaminazione del campione durante il trasporto e il pretrattamento. Le metodologie basate su Py-GC-MS per la quantificazione delle AMNP richiedono dunque approcci innovativi, specialmente alla luce della necessità di fornire dati sulla loro presenza nelle diverse frazioni dimensionali del particolato atmosferico, e sul loro accumulo in scale temporali brevi.

In questo studio verranno esplorate le principali sfide poste dall'analisi di AMNP mediante pirolisi analitica. Lo studio in questione nasce dalla collaborazione tra il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa e l'azienda Frontier Laboratories, con l'obiettivo di sviluppare un metodo per la quantificazione delle AMNP secondo i criteri stabiliti dall'American Society for Testing and Materials (ASTM). Saranno discussi i principali punti critici individuati durante lo sviluppo del metodo, inclusa la scelta della strumentazione di campionamento, la rimozione di interferenti, e l'impiego di una nuova strumentazione che consente di accoppiare la pirolisi analitica con l'iniezione GC-MS in modalità splitless [3]. Infine, saranno mostrati i risultati di una campagna di campionamento del particolato atmosferico nella città di Osaka.

## Riferimenti bibliografici:

1. D. Luo, X. Chu, Y. Wu, Z. Wang, Z. Liao, X. Ji, J. Ju, B. Yang, Z. Chen, R. Dahlgren, M. Zhang, X. Shang, Micro- and nanoplastics in the atmosphere: A review on occurrence, properties and human health risks. *Journal of Hazardous Materials* 2024, 465, 133412.
2. H. Mizuguchi, H. Takeda, K. Kinoshita, M. Takeuchi, T. Takayanagi, N. Teramae, W. Pipkin, K. Matsui, A. Watanabe, C. Watanabe, Direct analysis of airborne microplastics collected on quartz filters by pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 2023, 171, 105946.
3. K. Tei, M. Matsueda, K. Matsui, T. Ishimura, A. Watanabe, W. Pipkin, N. Teramae, H. Ohtani, C. Watanabe, Highly sensitive detection of polystyrene by on-line splitless pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry with cryo-trapping of pyrolyzates and forced venting of carrier gas. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 2022, 16, 105707.

# Exploiting the potentialities of hyperspectral imaging systems (HSI) for the rapid and direct detection of microplastics and tyre wear particles in environment matrices

Sciutto G.<sup>1</sup>, Catelli E.<sup>1</sup>, Malegori C.<sup>2</sup>, Prati S.<sup>3</sup>, Mazzeo R., Oliveri P.

<sup>1</sup> Department of Chemistry G. Ciamician, University of Bologna, Ravenna Campus, Via Guaccimanni, 42, Ravenna, 48121, Italy; <sup>2</sup> Department of Pharmacy (DIFAR), University of Genova, Viale Cembrano, 4, Genova, 16148, Italy

**Keyword:** microplastics, near infrared hyperspectral imaging, X-ray fluorescence, visible reflectance, chemometrics

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

**Abstract:** Contamination by microplastics (MP) represents a critical environmental challenge with potential consequences at ecosystem, economic and societal levels. Their detection, quantification, and characterization are nowadays one of the biggest technological challenges, representing a current analytical issue. Significant lacks are still present in the evaluation of the effect of MP dimensions, morphology, and polymeric typologies as influencing factors in the analytical investigation. Moreover, very few studies have been properly conducted on the aging processes that occur in the environment.

To address these issues, the potentialities of hyperspectral imaging (HSI) systems are being exploited to propose new solutions for the fast and direct detection of MP on filters, avoiding visual pre-sorting or multiple sample purifications, time consuming procedures, airborne contaminations, particle degradation and loss.

In particular, in the present study, a near-infrared hyperspectral imaging (NIR-HSI) method is presented for the detection of MP down to 50  $\mu\text{m}$  in surface water and mussel soft tissue samples. NIR-HSI images were acquired recording a short-wave infrared (SWIR) spectrum, in the region between 1000 and 2500 nm, for each pixel of the image. An automated normalised difference image (NDI) strategy for data processing was applied, also significantly reducing the time required for data processing and evaluation, and able to enhance spectral differences between the cellulose background of the filter and the polymer of the MP. The method was successful in identifying different polymers (polypropylene, polystyrene, and polyamide).

Additionally, new advances in the characterization of tyre and road wear particles (TRWPs) are presented, by using a new analytical set-up, able to co-register X-ray fluorescence (XRF, 0–48 keV) data, together with visible & near-infrared (VNIR, 400–1100 nm) and short-wave infrared reflectance (SWIR, 1100–2500 nm) spectra. While TRWPs are known to be characterized by specific elemental signatures, the mentioned inherent challenge in analysing TRWPs, due to their black colour, poses difficulties in VNIR and SWIR reflection modes. Despite this, employing VNIR spectroscopy was proven to be a fruitful approach, enabling the rapid and efficient identification of particles according to their reflectance values with respect to the white background. Exploiting these values, masks were created in the visible domain and used to isolate XRF signals specifically from areas where TRWPs were present. Furthermore, the XRF spectra extracted offer a wealth of compositional data that can be submitted to further analysis using multivariate techniques, such as principal component analysis (PCA). These techniques provide researchers with a robust tool for assessing the composition and uniformity of tyre wear particles, enabling them to discern subtle variations and patterns within the data.

## Microplastiche o additivi da esse rilasciati: cosa è peggio?

Fabbri E.<sup>1</sup>, Valbonesi P<sup>1.</sup>, Samori C.<sup>2</sup>

1 Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna Campus di Ravenna, Ravenna Italia.

2 Dipartimento di Chimica "Ciamician" Università di Bologna Campus di Ravenna, Ravenna Italia.

**Keyword:** Microplastiche, bioplastiche, additivi, ambiente marino, *Mytilus galloprovincialis*.

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

### Abstract:

Le plastiche sono materiali versatili, economici, durevoli che hanno contribuito a numerosi progressi tecnologici. Le stesse caratteristiche hanno però determinato la sempre maggiore produzione e la persistenza in ambiente per centinaia di anni. Le plastiche ben prima di degradarsi si frammentano, causando la formazione di microplastiche (MP), di cui ancora oggi sappiamo relativamente poco in merito all'assorbimento, distribuzione, metabolismo ed escrezione da parte degli organismi. Concentrando la nostra attenzione sull'ambiente marino, dati sperimentali dimostrano che le MP vengono assunte da vertebrati e invertebrati con possibile detrimento delle funzioni fisiologiche (1) dovuto soprattutto a processi di ostruzione fisica che riducono il tasso di alimentazione, l'assorbimento dei nutrienti nell'intestino o dell'ossigeno nelle branchie, portando a ridotto successo riproduttivo, indebolimento del sistema immunitario e maggiore suscettibilità ad altri fattori di stress. Un problema letteralmente esploso nella recente letteratura scientifica riguarda il rilascio degli additivi, normali costituenti delle plastiche aggiunti ai polimeri durante la produzione per migliorare le caratteristiche dei prodotti (2). Fra questi vi sono centinaia di sostanze, fra cui ritardanti di fiamma bromurati, bisfenoli, ftalati, metalli, etc. La concentrazione degli additivi è di ordini di grandezza maggiore rispetto a quella delle sostanze chimiche "assorbite" dalle MP nell'ambiente, pertanto questi rappresentano un rischio considerevolmente più elevato per gli organismi esposti, finora sottostimato. Risultati del nostro laboratorio, insieme ad altri, dimostrano gli effetti tossici delle miscele di additivi rilasciati dalle plastiche in acqua di mare su alghe e mitili. Recenti e inattese evidenze indicano che MP prive di additivi non causano tossicità per batteri e alghe, a fronte invece di elevata tossicità della combinazione. L'introduzione delle bioplastiche mira ad eliminare gradualmente l'uso di polimeri derivati da prodotti petrolchimici. Tuttavia anche le bioplastiche contengono additivi. Della loro tossicità si conosce meno rispetto alle convenzionali, ma chiare evidenze anche del nostro laboratorio mostrano che frammenti di bioplastiche in acqua di mare producono lisciviati con effetti tossici su mitili, adulti o in fase embrionale. Le analisi chimiche target e non target hanno evidenziato che gli additivi rilasciati da plastiche e bioplastiche sono centinaia e diversi da plastica a plastica, e molti non sono ancora stati identificati (3). L'impossibilità di avere una lista completa degli additivi presenti nelle plastiche indica quanto poco sappiamo sulla composizione di molti prodotti di uso comune e che per gestione inadeguata sono destinati al mare. Occorre quindi l'utilizzo di approcci ecofisiologici ed ecotossicologici che possano discriminare tra gli effetti delle MP e quelli degli additivi, nonché fornire informazioni sui bersagli cellulari. Questo è particolarmente importante considerando anche che gli additivi possono diffondersi rapidamente dai frammenti ai tessuti biologici dopo l'ingestione di MP. Essendo costituenti di miscele, sono ipotizzabili molteplici meccanismi di tossicità negli organismi recettori, Uomo compreso.

1. Alimba, C.G., Faggio C. Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile *Environmental Toxicology and Pharmacology* 2019, 68: 61-74

2. Gunaalan K, Fabbri E., Capolupo M. The hidden threat of plastic leachates: A critical review on their impacts on aquatic organisms. *Water Research* 2020, 184: 116170 (1-15)

3. Capolupo M., Rafiq A., Coralli I., Alessandro T., Valbonesi P, Fabbri D., Fabbri E. Bioplastic leachates characterization and impacts on early larval stages and adult mussel cellular, biochemical and physiological responses. *Environmental pollution* 2023, 319: 120951 (1-11)

# Effetti di additivi delle plastiche nel modello di invertebrato marino *Mytilus*: il Bisfenolo A come caso di studio

Laura Canesi<sup>1</sup>, Teresa Balbi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DISTAV), Università di Genova

**Keyword:** *additivi delle plastiche, bisfenoli, organismi marini, mitili, larve*

**Tipo di submission:** Presentazione orale

Il Bisfenolo A (BPA) è un additivo ampiamente utilizzato nella produzione di polimeri (plastiche e resine), con diverse applicazioni in prodotti industriali e rivestimenti alimentari. A causa della sua massiccia produzione e rilascio<sup>(1)</sup>, il BPA è ampiamente diffuso in ambiente, dove rappresenta un rischio significativo per la salute dell'uomo e degli ecosistemi naturali. Infatti, è stato dimostrato che il BPA agisce come interferente endocrino e ha un impatto su altri processi fisiologici in diversi sistemi biologici. Sulla base di recenti evidenze scientifiche sugli effetti del BPA sul sistema immunitario, l'EFSA ne ha recentemente ridotto la dose giornaliera tollerabile da 4 µg a 0.2 ng/kg<sup>(2)</sup>.

Nell'ambiente marino il BPA è presente a concentrazioni da ng a µg/L<sup>(3)</sup>, con effetti significativi documentati su diversi organismi. In questo lavoro, vengono riassunti i dati ad oggi ottenuti sugli effetti del BPA nel modello di bivalve marino *Mytilus galloprovincialis*.

L'esposizione al BPA *in vitro* altera i parametri immunitari negli emociti del mitilo; gli effetti sono confrontabili con quelli dell'estrogeno naturale 17β-estradiolo e mediati dalla disregolazione di vie di traduzione del segnale cinasi-dipendenti. Al contrario, il suo analogo Bisfenolo F (BPF) non induce immunostimolazione.

L'esposizione *in vivo* a concentrazioni ambientali di BPA induce effetti sulla risposta immunitaria, ed influenza l'espressione genica, l'attività di enzimi antiossidanti, e la funzione lisosomiale nella ghiandola digestiva, un tessuto chiave nel metabolismo e nella maturazione delle gonadi. In cellule isolate dalla ghiandola digestiva, il BPA induce un aumento dei lipidi intracellulari, in particolare di trigliceridi, e modula l'attività di enzimi glicolitici, antiossidanti, e di biotrasformazione.

Concentrazioni ambientali di BPA alterano lo sviluppo precoce delle larve di mitilo. Sono stati osservati cambiamenti nell'espressione genica, in particolare di geni coinvolti nel metabolismo degli xenobiotici, nella biomineralizzazione, e nei recettori per neurotrasmettitori. Il BPA induce cambiamenti dose-dipendenti nella deposizione della matrice organica e nella calcificazione della conchiglia, così come nello sviluppo dei neuroni serotonergici. Inoltre, il BPA altera il pattern di espressione di HOX1, un membro della famiglia dei geni homeobox coinvolti nella biogenesi della conchiglia e nella neurogenesi dei molluschi bivalvi. Tutti questi effetti sono associati a un ritardo dello sviluppo.

Il BPA determina inoltre cambiamenti nella composizione delle comunità microbiche associate agli stadi larvali precoci (il microbioma), in particolare di potenziali patogeni (*Vibrio*, *Arcobacter*, *Tenacibaculum*) e di generi coinvolti nella biotrasformazione (*Oleispira*, *Shewanella*). L'analogo BPF non è in grado di alterare lo sviluppo larvale, ma esercita effetti simili al BPA sul microbiota delle larve. Ciò indica che gli effetti dei diversi bisfenoli sul microbiota non sono associati alla tossicità sullo sviluppo.

Nel complesso, i risultati dimostrano che concentrazioni ambientali di BPA o dei suoi analoghi possono alterare la risposta immunitaria e i processi metabolici nel mitilo adulto, ed agire come interferenti dello sviluppo larvale. I dati sottolineano, inoltre, come il mitilo rappresenti un modello utile per la valutazione dell'impatto degli additivi rilasciati dalle plastiche sugli invertebrati marini.

## Riferimenti bibliografici:

1. US EPA, 2023. Bisphenol A (BPA) Summary. <https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/bisphenol-bpa-summary>
2. EFSA, 2023. Re-evaluation of the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.6857>
3. Kwon, B.G., Seon-Yong Chung, S-Y., Saido, K., 2020. Sandy beaches as hotspots of bisphenol A. *Environmental Research* 191, 110175. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110175>

# Approccio multilivello per la valutazione della tossicità di microplastiche derivate da oggetti in bioplastica nei confronti di *Daphnia magna*

De Felice B.<sup>1</sup>, Gazzotti S.<sup>2</sup>, Marzorati S.<sup>1</sup>, Casati L.<sup>3</sup>, Conterposito E.<sup>4</sup>, Gianotti V.<sup>4</sup>, Ortenzi M.<sup>2</sup>, Parolini M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali, Università degli Studi di Milano, Via Celoria 26, 20133 Milano, Italia

<sup>2</sup>Laboratorio Materiali e Polimeri (LaMPo), Dipartimento di Chimica, Università degli Studi di Milano, Via Golgi 19, 20133, Milano, Italia

<sup>3</sup>Dipartimento di Scienze della Salute, Università degli Studi di Milano, Via Rudinì, 8, 20142, Milano, Italia

<sup>4</sup>Department of Sviluppo Sostenibile e La Transizione Ecologica, Università del Piemonte Orientale, Piazza S. Eusebio 5, 13100 Vercelli, Italia

**Keyword:** bioplastiche; biomarker; attività natatoria; riproduzione

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

**Abstract:** Lo smaltimento inappropriato dei rifiuti plastici ha causato una diffusa contaminazione degli ecosistemi naturali, spingendo la società a cercare soluzioni sostenibili, inclusa la transizione dall'uso di plastiche di origine fossile alle bioplastiche (BP). Tuttavia, analogamente alle plastiche di origine fossile, gli oggetti in bioplastica a fine vita hanno la stessa probabilità di contaminare gli ecosistemi, nonché di generare microplastiche (MP). Ad oggi, studi di monitoraggio hanno evidenziato in diverse matrici ambientali la presenza di microplastiche derivate da bioplastiche (BP-MP), tuttavia, mancano ancora le informazioni in merito ai possibili effetti negativi indotti dall'esposizione a BP-MP sul biota. Pertanto, il presente studio ambisce ad indagare i potenziali effetti avversi, a diversi livelli della gerarchia biologica, indotti dall'esposizione a due tipi di BP-MP nei confronti del cladocero *Daphnia magna*. L'acido polilattico (PLA) e il polibutilene adipato co-tereftalato (PBAT) sono stati selezionati come bioplastiche da utilizzare per questo studio poiché insieme rappresentano oltre il 30% della capacità produttiva globale di BP [1]. Le BP-MP utilizzate sono state ottenute a partire da oggetti in bioplastica, coltelli a base di PLA e borse della spesa a base di PBAT, comprati in un supermercato locale, attraverso cicli di triturazione e congelamento in azoto liquido. Gli organismi sono stati esposti per 21 giorni a tre concentrazioni (0, 125 µg/ml, 1,25 µg/ml, 12,5µg/ml) di microplastiche di PLA e PBAT. È stato quindi applicato un approccio multi-livello per valutare i possibili effetti a diversi livelli della gerarchia biologica, dal livello sub-individuale (biochimico), a quello individuale (crescita e comportamento) e di popolazione (riproduzione). A livello biochimico è stata valutata l'insorgenza di stress ossidativo in termini di attività degli enzimi antiossidanti e detossificanti (SOD, CAT, GPx e GST), nonché della perossidazione lipidica (LPO). Inoltre, sono state investigate le modulazioni del contenuto di proteine, carboidrati e lipidi che concorrono nel determinare il contenuto energetico degli organismi. Gli effetti a livello individuale sono stati valutati come cambiamenti nei principali parametri morfologici (testa, spina, carapace, valve e lunghezza totale del corpo) e come alterazioni dell'attività natatoria (distanza percorsa e velocità del nuoto) mediante un sistema di video-tracking. In aggiunta, è stato effettuato un classico test cronico della durata di 21 giorni per la valutazione dei possibili effetti sulla riproduzione [2]. I risultati ottenuti hanno mostrato come l'esposizione a due delle bioplastiche più utilizzate induca effetti avversi a livello biochimico, individuale e di popolazione nel cladocero *D. magna*. Nel dettaglio, sia le microplastiche di PLA che PBAT hanno indotto effetti negativi a livello individuale, mentre solo le microplastiche di PLA hanno indotto un'alterazione a livello sub-individuale e di popolazione. A fronte di questi risultati sono necessari ulteriori studi per comprendere a pieno la possibile tossicità delle bioplastiche.

## Riferimenti bibliografici:

1. European bioplastics. <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics>
2. OECD (2012), Test No. 211: *Daphnia magna* Reproduction Test, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, OECD Publishing, Paris.



## Ingestione dimensione-dipendente e trasferimento trofico di microplastiche di polistirene in eucarioti unicellulari dulciacquicoli

Mondellini S.<sup>1a</sup>, Schwarzer M.<sup>1a</sup>, Vökl M.<sup>2a</sup>, Jasinski J.<sup>3</sup>, Jérôme V.<sup>2</sup>, Scheibel T.<sup>3,4,5,6,7</sup>, Laforsch C.<sup>1b\*</sup>, Freitag R.<sup>2,6b\*</sup>

<sup>1</sup>Animal Ecology I and BayCEER, University of Bayreuth, 95447 Bayreuth, Germany; <sup>2</sup>Process Biotechnology, University of Bayreuth, 95447 Bayreuth, Germany; <sup>3</sup>Biomaterials, University of Bayreuth, 95447 Bayreuth, Germany; <sup>4</sup>Bayerisches Polymerinstitut (BPI), University of Bayreuth, 95447 Bayreuth, Germany; <sup>5</sup>Bayreuther Zentrum für Kolloide und Grenzflächen (BZKG), University of Bayreuth, 95447 Bayreuth, Germany; <sup>6</sup>Bayreuther Zentrum für Molekulare Biowissenschaften (BZMB), University of Bayreuth, 95447 Bayreuth, Germany; <sup>7</sup>Bayreuther Materialzentrum (BayMAT), University of Bayreuth, 95447 Bayreuth, Germany; <sup>a</sup> Authors contributed equally; <sup>b</sup> Joint senior authorship; \* corresponding authors (christian.laforsch@uni-bayreuth.de; ruth.freitag@uni-bayreuth.de)

**Keyword:** microplastiche, bioaccumulo, ingestione, trasferimento trofico, rete alimentare

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

### Abstract:

Le microplastiche (MP) sono diventate un contaminante ambientale noto e ampiamente investigato. Nonostante i numerosi studi che indagano il rischio potenzialmente rappresentato dalle MP, la possibile ingestione e il trasferimento trofico di MP nei livelli inferiori della rete trofica di sistemi d'acqua dolce rimangono scarsamente investigati. Questo lavoro si propone di investigare l'internalizzazione e il potenziale trasferimento trofico di microsfele (0,5 µm, 3,6 x 10<sup>8</sup> particelle/mL; 6 µm, 2,1 x 10<sup>5</sup> particelle/mL) e frammenti (<30 µm, 5 x 10<sup>3</sup> particelle/mL) di polistirene (PS) fluorescente in tre eucarioti unicellulari.

Lo studio si focalizza sull'ingestione dimensione-dipendente di MP da parte di due ciliati, *Tetrahymena pyriformis* e *Paramecium caudatum*, e un amebazoo, *Amoeba proteus*, che serve anche da predatore per gli esperimenti sul trasferimento trofico. L'ingestione dimensione-dipendente è stata dimostrata per tutti e tre gli eucarioti unicellulari tramite co-esposizione degli stessi con le MP selezionate e osservazione ad un microscopio a fluorescenza. *P. caudatum* è in grado di ingerire le MP di dimensioni maggiori (27,7 µm), mentre *T. pyriformis* ingerisce MP fino ai 10 µm. Il meccanismo di internalizzazione da parte di *A. proteus* è stato accertato tramite induzione della pinocitosi e della fagocitosi. La pinocitosi è stata indotta tramite l'alterazione del pH del mezzo di esposizione, mentre la fagocitosi tramite il rivestimento delle MP con albumina sierica bovina e co-incubazione con un organismo preda. In *A. proteus* le microsfele sono state internalizzate tramite pinocitosi e sono state localizzate all'interno del citoplasma fino a 14 giorni post-esposizione. Le MP di dimensioni superiori a quelle dei canali pinocitici (>6 µm) non sono state internalizzate, nonostante i tentativi di induzione della fagocitosi. I frammenti di PS (<30 µm) che sono stati localizzati all'interno di *A. proteus* sono stati ingeriti solamente a seguito di eventi di predazione dei due ciliati precedentemente esposti alle MP. Dato che questi organismi collegano la produzione primaria a livelli più elevati delle reti trofiche [1] è necessario investigare il potenziale effetto derivato dall'ingestione di diverse MP e dal loro trasferimento. Questo studio si propone di porre basi per future investigazioni a riguardo.

### Riferimenti bibliografici:

- [1] Mansano *et al.*, "Effects of diuron and carbofuran pesticides in their pure and commercial forms on *Paramecium caudatum*: The use of protozoan in ecotoxicology," *Environ. Pollut.*, 2016, vol. 213, pp. 160–172.

# Valutazione della tossicità ambientale e della biodegradazione di materiali plastici in contatto con microorganismi isolati da sedimenti marini.

Salamone M.<sup>1</sup>, Carraturo F.<sup>1</sup>, Albarano L.<sup>1</sup>, Molinaro R.<sup>1</sup>, Morelli M.<sup>1</sup>, Nappo A.<sup>1</sup>, Fusco S.<sup>2</sup>, Guida M.<sup>1</sup>, Libralato G.<sup>1</sup>

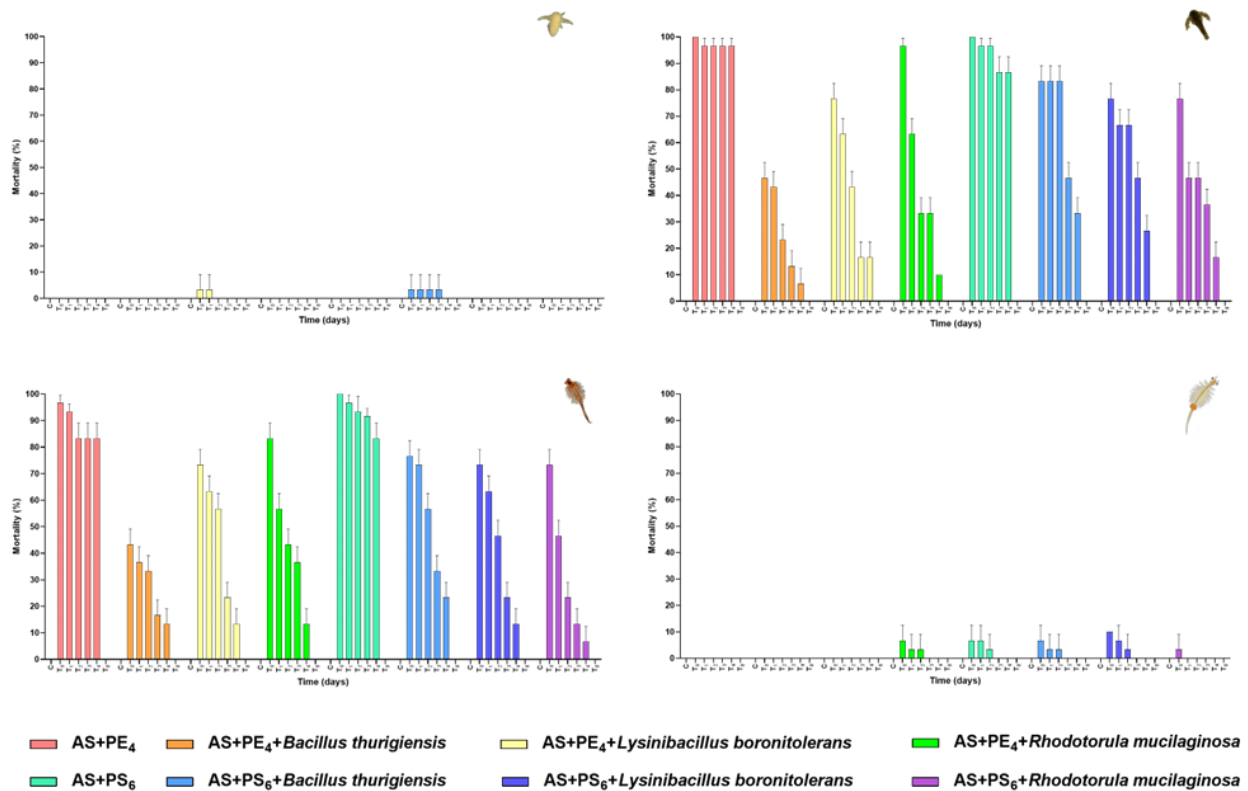
<sup>1</sup>Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli, Italia; <sup>2</sup>Dipartimento di Biotecnologie, Università degli Studi di Verona, Verona, Italia;

**Keyword:** Microplastiche, Ecotossicità, Cell Counter, Microorganismi, Biodegradazione

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

## Abstract:

Negli ultimi decenni, i rifiuti plastici ed i sottoprodotti della degradazione degli stessi rappresentano una delle principali fonti di inquinamento ambientale, essendo stati rilevati nella maggioranza degli ecosistemi acquatici e terrestri e diventando sempre più una delle principali preoccupazioni anche sul piano sanitario, dato il ruolo di possibili veicoli di geni di resistenza agli antibiotici e di inquinanti chimici (1,2). Questa problematica ambientale spinge a svolgere indagini scientifiche sul destino e sui fattori che contribuiscono alla modificazione delle plastiche nell'ambiente, sotto l'effetto dell'azione di agenti chimico-fisici e microbiologici e sul potenziale effetto tossico dei sottoprodotti della degradazione, ai danni degli organismi che popolano i diversi habitat ed in ultimo dell'uomo. Nell'ambito del progetto BioPlast4Safe (PNRR-PNC) sono stati isolati batteri e lieviti, adattati alla crescita in ambienti inquinati da idrocarburi, ed utilizzati in set-up sperimentali al fine di valutare la possibile biodegradazione di microparticelle di polietilene ad alta densità (PE) e polistirene (PS). L'allestimento dell'esperimento in scala laboratoriale ha previsto la preparazione di microcosmi in parallelo di acqua marina artificiale ed acqua marina filtrata (per eliminare la composizione microbica naturale), con l'aggiunta di PE e PS, in cui sono stati aggiunti inoculi di due ceppi batterici ed un ceppo fungino, singolarmente per osservare l'azione del singolo organismo. Sono stati previsti inoltre microcosmi di controllo in cui sono state addizionate soltanto le plastiche all'acqua marina filtrata e all'acqua marina artificiale. La sperimentazione ha previsto come tempi di contatto: 2 settimane ( $t_1$ ), 1 mese ( $t_2$ ), 2 mesi ( $t_3$ ), 4 mesi ( $t_4$ ) e 8 mesi ( $t_5$ ). La diversità batterica dei microcosmi è stata analizzata mediante analisi microbiologiche e tecniche automatizzate come il Cell Counter. Per valutare l'efficienza della degradazione sono state utilizzate tecniche chimiche indirette: COD, TC e TOC. Sono stati condotti inoltre studi ecotossicologici e genotossicologici sull'organismo modello *A. franciscana*. Dalle analisi colturali e automatizzate, si è potuto concludere che in un ambiente privo di contaminanti esterni (acqua marina artificiale), le popolazioni microbiche e fungine sono riuscite a mantenere la stessa vitalità fino alla fine del periodo di esposizione considerato ( $t_4$ ). È stato riscontrato che la tossicità delle plastiche nei microcosmi di acqua marina artificiale e naturale varia a seconda delle diverse fasi del ciclo di vita dell'organismo modello, risultando più elevata sui naupli e sui metanaupli. Inoltre, la fotoinibizione e la mortalità di *A. franciscana* in microcosmi di acqua marina artificiale sono diminuite nel tempo, suggerendo un lento deterioramento delle plastiche immerse da parte di alcuni microorganismi testati. Le analisi genotossicologiche e chimiche di COD, TC e TOC confermano questi risultati. Saranno effettuate analisi di microscopia elettronica a scansione (SEM) e  $\mu$ FT-IR per valutare gli effettivi cambiamenti strutturali delle plastiche.



**Figura 1** Variazioni della mortalità sui diversi stadi larvali di *A. franciscana* nei microcosmi di acqua marina artificiale analizzati dal tempo 0 al tempo di contatto di quattro mesi.

### Riferimenti bibliografici:

1. Tuvo B., Scarpaci M., Bracaloni S., Esposito E., Costa A.L., Ioppolo M., Casini B. Microplastics and Antibiotic Resistance: The Magnitude of the Problem and the Emerging Role of Hospital Wastewater. *Int J Environ Res Public Health*, 2023;20(10):5868. doi: 10.3390/ijerph20105868.
2. Mao R., Lang M., Yu X., Wu R., Yang X., Guo X. Aging mechanism of microplastics with UV irradiation and its effects on the adsorption of heavy metals. *J. Hazard. Mater* (2020). 393, 122515. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122515>

# **Gli ecosistemi invisibili: microplastiche nelle acque sotterranee e il loro impatto sulla biodiversità**

## ***Invisible ecosystems: microplastics in groundwater and their impact on biodiversity***

Sforzi L.<sup>1</sup>, Sarti C.<sup>1</sup>, Tabilio Di Camillo A.<sup>2,3</sup>, Di Lorenzo T.<sup>3,4,5,6</sup>, Cabigliera B. S.<sup>1</sup>, Balestra V.<sup>7,8,9</sup>, Laurati M.<sup>1,10</sup>, Chelazzi D.<sup>1,10</sup>, Martellini T.<sup>1,10</sup>, Cincinelli A.<sup>1,10</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemistry “Ugo Schiff”, University of Florence, Sesto Fiorentino, Italy;

<sup>2</sup>Department of Life, Health and Environmental Sciences, University of L’Aquila, L’Aquila, Italy;

<sup>3</sup>Research Institute on Terrestrial Ecosystems of the National Research Council of Italy (IRET CNR), Florence, Italy;

<sup>4</sup>NBFC (National Biodiversity Future Center), Palermo, Italy;

<sup>5</sup>“Emil Racovita” Institute of Speleology, Cluj-Napoca, Romania;

<sup>6</sup>3cE3c—Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes & CHANGE—Global Change and Sustainability Institute, Departamento de Biologia Animal, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal;

<sup>7</sup>Department of Environment, Land and Infrastructure Engineering, Politecnico di Torino, Torino, Italy;

<sup>8</sup>Biologia Sotterranea Piemonte—Gruppo di Ricerca, Bossea Cave, Cuneo, Italy;

<sup>9</sup>Struttura Operativa Bossea CAI—Underground Karst Laboratory of Bossea Cave, Cuneo, Italy;

<sup>10</sup>Consorzio Interuniversitario per lo Sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase (CSGI), University of Florence, Sesto Fiorentino, Italy.

**Keyword:** microplastiche, acque sotterranee, stigofauna, microFTIR

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

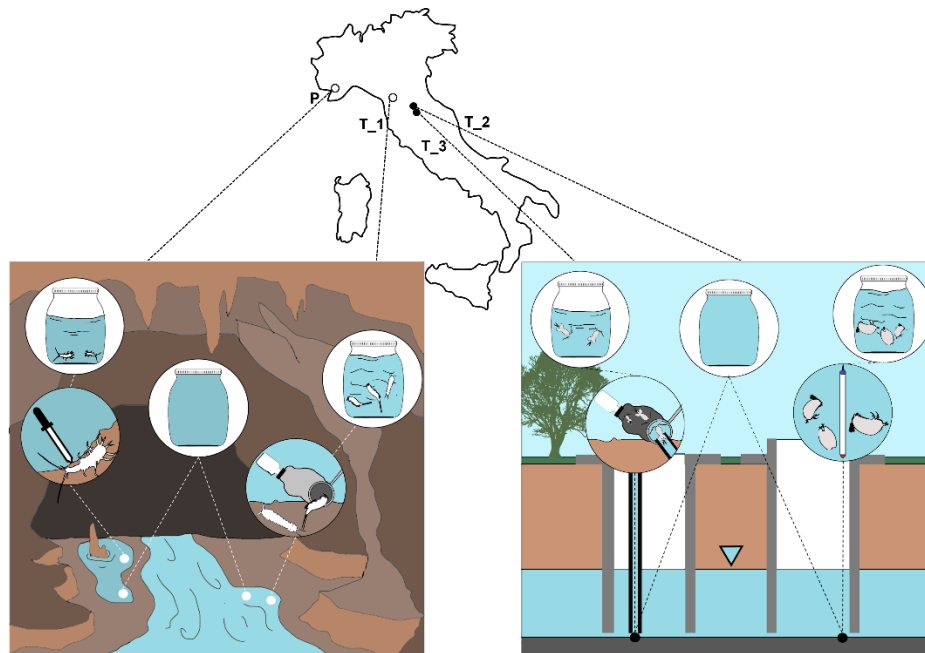
**Abstract:** Le acque sotterranee costituiscono più del 90% delle acque dolci disponibili sulla Terra, e più di un terzo della popolazione globale le utilizza a scopo potabile<sup>1</sup>. Queste risorse idriche hanno un’importanza vitale per l’ambiente e la salute umana, costituendo dei veri e propri ecosistemi. Si tratta di sistemi aperti, sensibili ai contaminanti che vi penetrano dalla superficie, come le microplastiche (MPs), le quali una volta raggiunte queste acque vi possono risiedere anche per decenni.

Un’analisi bibliometrica effettuata tramite il database Scopus ha fornito 215 articoli sulla presenza di MPs in acque sotterranee, pubblicati dal 2009 al 2024, una cifra non comparabile con la produzione scientifica relativa agli ambienti acquatici superficiali, come fiumi e mari. Inoltre, analisi di clustering tra le *keywords* hanno evidenziato come i maggiori aspetti d’interesse della comunità scientifica siano attualmente i processi di trasporto delle MPs e il legame con i suoli agricoli, mentre le risorse idriche potabili sotterranee e la correlazione con i rischi legati all’ingestione di MPs sono ancora scarsamente studiati. In particolare, sono il ruolo delle acque sotterranee come serbatoi di MPs e l’impatto che queste possono avere sugli animali che completano l’intero ciclo vitale in questi ambienti (stigofauna), in termini di bioaccumulo ed effetti tossicologici, a non essere sufficientemente investigati.

In questo contesto si inserisce il nostro studio<sup>2</sup>. È stata indagata la presenza di MPs in 3 acquiferi italiani, tramite il campionamento di due pozzi di monitoraggio e due grotte carsiche (Fig. 1). Inoltre è stata valutata la potenziale ingestione di MPs da parte della fauna invertebrata raccolta negli stessi siti.

I polimeri ritrovati nei campioni di acqua sono stati caratterizzati tramite spettroscopia micro-FTIR 2D imaging, mentre i campioni di fauna sono stati analizzati con un approccio di microscopia tandem (fluorescenza e FTIR). Le abbondanze rilevate nelle acque variano da 18 a 911 items/L, la cui maggioranza è costituita da fibre (90%) con una dimensione media compresa tra 100 µm e 1 mm. I polimeri trovati in concentrazioni maggiori sono stati la cellulosa (65%) e il PET (21%). L’ingestione di MPs è stata accertata in tutti i taxa analizzati, tra cui i pellet hanno costituito la forma più abbondante (87% in media), con una dimensione media di 26 µm. Anche in questo caso la cellulosa si è rivelata il polimero più abbondante (51%).

Finanziato dall’Unione europea – NextGenerationEU - PNRR - M4C2 Investimento 1.3 - Programma di ricerca PE\_00000005 "RETURN - CUP B83C22004820002.



**Figura 1-** Mappa dei quattro siti di campionamento e rappresentazione schematica dei metodi di raccolta dei campioni faunistici e idrici. A sinistra: campionamento nelle due grotte carsiche. A destra: campionamento nei due siti dell'acquifero alluvionale. Punti bianchi: grotte; punti neri: pozzi; triangolo azzurro: falda acquifera. P: grotta di Bossea (CN); T\_1: grotta di Buca del Vasaiò (LU); T\_2: pozzo in acquifero alluvionale (FI); T\_3: pozzo in acquifero alluvionale (FI).

#### Riferimenti bibliografici:

1. Campos D., L. T. Pestana J. Protection of Underground Aquifers from Micro- and Nanoplastics Contamination. *Springer International Publishing* 2022; 1277-1309.
2. Sforzi L., Tabilio Di Camillo A., Di Lorenzo T. et al. (Micro-)Plastics in Saturated and Unsaturated Groundwater Bodies: First Evidence of Presence in Groundwater Fauna and Habitats. *Sustainability* 2024; 16(6); 2352.

# Impatti tossicologici delle microplastiche sugli anfipodi: evidenze nelle specie *Echinogammarus veneris* e *Cryptorchestia garbinii*

Valentina Iannilli<sup>1</sup>, Kaoutar Aboutabit<sup>1</sup>, Francesca Lecce<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ENEA, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, Lab. Biodiversità e servizi ecosistemici, Centro Ricerche Casaccia, Via Anguillarese 301, 00123 Roma.

**Keyword:** microplastiche; *Echinogammarus*; *Cryptorchestia*; DECOTAB; Nile red

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

## Abstract:

La contaminazione da microplastiche (MP) rappresenta una sfida globale per gli ambienti acquatici, con molteplici studi che ne confermano la presenza significativa nelle acque interne. Tuttavia, gli effetti di queste sugli organismi rimangono ancora in gran parte poco compresi.

In questo studio è stato implementato un protocollo efficace per valutare gli impatti delle microplastiche, utilizzando due modalità di esposizione: dispersione nelle acque e ingestione. Le due specie di anfipodi scelte per lo studio sono il gammaride *Echinogammarus veneris* (Heller, 1865) e il talitride semiterrestre *Cryptorchestia garbinii* Ruffo et al. (2014). Questi organismi sono stati esposti al polietilene (PE), uno dei polimeri più diffusi nell'ambiente come microplastica, a causa della suo ampio utilizzo. Per l'esposizione di *E. veneris* alla matrice acquosa, il polietilene (PE) è stato disperso direttamente nell'acqua di prova. Per quanto riguarda l'esposizione attraverso la dieta, le microplastiche sono state fornite utilizzando le DECOTAB (DEcomposition and CONsumption TABLEts), precedentemente validate con successo per test di tossicità acquatica [1] e anche per le microplastiche [2]. Entrambe le specie sono state esposte alle microplastiche tramite la dieta mediante l'uso delle DECOTAB.

Al termine degli esperimenti, le microplastiche presenti nell'apparato digerente degli animali sono state rilevate, misurate e quantificate utilizzando la colorazione con il colorante solvatocromico e fluorescente Nile red. I risultati hanno confermato l'efficacia del metodo di esposizione, evidenziando chiaramente l'ingestione delle particelle fornite attraverso le DECOTAB.

Come endpoint tossicologici, sono stati valutati i cambiamenti nell'allocazione delle riserve energetiche (glucosio, glicogeno e lipidi) e la genotossicità, misurata tramite il comet test sugli emociti circolanti. Dopo 24 ore di esposizione, è stata osservata una significativa riduzione dei livelli di glucosio, glicogeno e lipidi, insieme a un aumento della frammentazione del DNA, indicativa di genotossicità.

Inoltre, il confronto tra le dimensioni medie delle MP fornite attraverso le DECOTAB e quelle rilevate nei tubi digerenti di *E. veneris* e *C. garbinii* ha mostrato una significativa riduzione delle dimensioni delle particelle, suggerendo un processo di frammentazione durante il passaggio attraverso il tratto digerente.

Questi risultati evidenziano gli effetti avversi delle microplastiche su queste specie di anfipodi, che svolgono un ruolo chiave nel ciclo dei nutrienti, essendo spesso dominanti come biomassa e contribuendo al decomporre il materiale organico. Confermano l'importanza di comprendere meglio gli impatti delle MP sugli organismi e forniscono nuove prospettive per affrontare questa crescente minaccia ambientale.

## Riferimenti bibliografici:

1. Kampfraath, A.A.; Hunting, E.R.; Mulder, C.; Breure, A.M.; Gessner, M.O.; Kraak, M.H.S.; Admiraal, W. DECOTAB: A multipurpose standard substrate to assess effects of litter quality on microbial decomposition and invertebrate consumption. *Freshw. Sci.* 2012, 31, 1156–1162.
2. Ciotti, C.; Setini, A.; Lecce, F.; Iannilli, V. Uncovering the Hidden Dangers of Microplastic Pollution in Lake Ecosystems: Effects of Ingestion on Talitrid Amphipods. *Environments* 2023, 10, 115. <https://doi.org/10.3390/environments10070115>

# Materiali plastici sostenibili nella ricerca accademica

Anna Liguori<sup>1</sup>, Maria Letizia Focarete<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Chimica “G. Ciamician”, Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, Bologna, Italia.

**Keyword:** termoplastici bio-based, riciclabili, compostabili; termoidurenti bio-based; riciclo meccanico; riciclo chimico; legami covalenti dinamici

**Tipo di submission:** Presentazione Orale (per talk introduttiva Sessione 4)

**Abstract:** La plastica è un materiale ormai indispensabile nella vita quotidiana. Le sue applicazioni variano dal packaging per alimenti ad applicazioni funzionali e strutturali, includendo settori all'avanguardia come quello dei dispositivi biomedicali e dell'elettronica. L'impiego di risorse bio-based e la gestione sostenibile del fine vita dei manufatti in plastica sono pertanto di fondamentale importanza al giorno d'oggi per contribuire a mitigare la dipendenza da fonti fossili e ridurre l'impatto ambientale. Molti materiali termoplastici bio-based, riciclabili e/o biodegradabili, quali la cellulosa, le blend a base amido, il PLA, il bio-PE ed il bio-PET sono stati ampiamente sviluppati e testati nel corso degli anni. In questo contesto, le attività di ricerca, anche finanziate dalla Unione Europea, si sono focalizzate sulla sostituzione del packaging monouso dei dispositivi medico-ospedalieri, tipicamente costituiti da poliolefine, con soluzioni alternative, ad esempio a base di polibutilen-succinato, riciclabili meccanicamente e biodegradabili in diversi ambienti [1]. Inoltre, negli ultimi anni, le ricerche accademiche si sono focalizzate sull'identificare possibili strategie per lo sviluppo di materiali termoidurenti bio-based e riciclabili sia chimicamente che meccanicamente. I termoidurenti sono materiali polimerici altamente reticolati e, pertanto caratterizzati da elevate proprietà meccaniche, termiche e di resistenza ai solventi. L'elevata densità di reticolazioni rende tali materiali non riprocessabili e pertanto destinati all'accumulo in discarica o alla termovalorizzazione. I progressi svolti in ambito accademico hanno consentito, al momento solo su scala di laboratorio, lo sviluppo di resine derivanti da biomassa e modificate con gruppi acrilici o epossidici al fine di essere curabili mediante radiazione luminosa o termicamente. Recenti studi hanno inoltre dimostrato la possibilità di processare tali resine mediante processi di stampa 3D assistita da radiazione UV, documentando la possibilità di ottenere manufatti tridimensionali della geometria desiderata [2,3]. Inoltre, la funzionalizzazione delle resine mediante legami covalenti dinamici, quali gruppi imminici, disolfidi ed esteri, ha consentito l'ottenimento di termoidurenti riprocessabili e auto-riparanti [2]. In particolare, i legami imminici risultano particolarmente interessanti in quanto in grado di dare luogo a meccanismi associativi e dissociativi sfruttabili per il riciclo sia meccanico che chimico di questi materiali.

## Riferimenti bibliografici:

1. GREEN-MAP project “Novel green polymeric materials for medical packaging and disposables to improve hospital sustainability” (Horizon 2020 Research and Innovation Marie Skłodowska-Curie Action grant agreement no. 872152)
2. Anna Liguori, Sathiyaraj Subramanian, Jenevieve G. Yao, Minna Hakkarainen, Photocurable extended vanillin-based resin for mechanically and chemically recyclable, self-healable and digital light processing 3D printable thermosets. *European Polymer Journal* 2022; 178; 111489.
3. Anna Liguori, Eugenia Oliva, Marco Sangermano, and Minna Hakkarainen, Digital Light Processing 3D Printing of Isosorbide- and Vanillin- Based Ester and Ester-Imine Thermosets: Structure-Property Recyclability Relationships. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 2023; 11; 14601-14613.

# Sviluppo di packaging attivo a base di chitosano nell'ottica dei principi dell'economia circolare

Costa J. e Pogni R.

Dipart. di Biotecnologie, Chimica e Farmacia, Università degli studi di Siena, Siena, Italia

**Keyword:** Chitosano, lignin nanoparticles, packaging attivo, economia circolare

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

**Abstract:** L'inquinamento da plastica convenzionale è uno dei problemi ambientali più urgenti da affrontare. Negli ultimi decenni la produzione e il consumo globale di plastica ha visto una crescita esponenziale, conseguenza del ruolo essenziale delle plastiche nella società moderna. Per questo motivo, in linea con l'economia circolare, c'è un interesse crescente nei materiali compostabili e biodegradabili a partire da polimeri naturali ottenuti da scarti alimentari. In questo contesto si inserisce il chitosano, polisaccaride ottenuto per deacetilazione parziale o totale della chitina (N-acetil-D-glucosamina), che rappresenta uno dei polimeri più abbondanti presenti in natura. Il chitosano è un polimero non tossico, biodegradabile con attività antimicrobica. Inoltre, essendo una materia prima seconda derivante principalmente dagli scarti della lavorazione dei crostacei è in linea con i principi dell'economia circolare. A tal proposito, il chitosano è stato utilizzato per la produzione di un packaging attivo nel progetto FISH4FISH\*. La chitina ottenuta dagli scarti dei crostacei è stata trattata per ottenere la sua forma deacetilata, il chitosano in vari pesi molecolari e gradi di deacetilazione, poiché i chitooligosaccaridi (COS) presentano una maggiore attività antimicrobica. Allo scopo i COS sono stati ottenuti per via enzimatica utilizzando la chitinasi immobilizzata.<sup>1</sup> Nanoparticelle di lignina funzionalizzate con COS sono state poi successivamente utilizzate come biofiller attivo nella preparazione del nuovo packaging per conferire proprietà antiossidanti, antimicrobiche, schermanti ai raggi UV e migliorare le proprietà meccaniche.<sup>2</sup>

Prototipi di vassoio e pellicola sono stati ottenuti a livello industriale e testati in presenza di pesce fresco. Il nuovo materiale per imballaggio presenta le seguenti proprietà:

- elevato contenuto di materia prima rinnovabile (80%)
- prolungamento della shelf-life del pesce grazie alle proprietà antimicrobiche e di schermatura UV dei componenti del biocomposito
- assenza di rilascio di allergeni o composti tossici
- completa biodegradabilità e compostabilità domestica con attività fertilizzante.

È stato inoltre condotto uno studio di valutazione della sostenibilità del ciclo di vita (LCA, LCC e LCA sociale) per valutare la sostenibilità dell'intero processo e dei prodotti e l'accettazione da parte dei consumatori.

\*Progetto cofinanziato dall'UE nell'ambito del programma EASME/EMFF/Blue Economy-2018/n.863697

## Riferimenti bibliografici:

1. Kidibule, P.E., Costa, J., Atrei, A., Plou, F.J., Fernández-Lobato, M., Pogni, R. Production and characterization of chitooligosaccharides by the fungal chitinase Chit42 immobilized on magnetic nanoparticles and chitosan beads: selectivity, specificity and improved operational utility. *RSC Adv* 2021; 11; 5529.
2. Capecechi E., Tomaino E., Piccinino D., Kidibule P.E., Fernández-Lobato, M., Spinelli D., Pogni R., Cabado Garcia A., Lago J., Saladino E. Nanoparticles of lignins and saccharides from Fishery wastes as sustainable UV-shielding, antioxidant and antimicrobial biofillers. *Biomacromolecules* 2022; 23(8); 3154.



EN

## Development of green PET depolymerization strategies by protein engineering and microalgae cultivation

IT

## Sviluppo di strategie green per la depolimerizzazione di PET attraverso ingegneria proteica e coltivazione di microalghe

Andrea Ricci <sup>1</sup>, Shapla Bhattacharya <sup>2,3</sup>, Rossella Castagna <sup>2,4</sup>, Katia Parati <sup>5</sup>, Giulia Di Rocco <sup>6</sup>, Alfonso Gautieri <sup>1</sup>, Emilio Parisini <sup>2,7</sup>

<sup>1</sup> Biomolecular Engineering Lab, Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria, Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano, Italy

<sup>2</sup> Department of Biotechnology, Latvian Institute of Organic Synthesis, Aizkraukles 21, LV-1006, Riga, Latvia

<sup>3</sup> Faculty of Materials Science and Applied Chemistry, Riga Technical University, Paula Valdena 3, LV-1048, Riga, Latvia

<sup>4</sup> Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "G. Natta", Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano, Italy

<sup>5</sup> Istituto Sperimentale Italiano Lazzaro Spallanzani, Aquaculture division, 26027 Rivolta d'Adda, Italy

<sup>6</sup> Department of Chemistry, University of Modena and Reggio Emilia, via Campi 183, 41100, Modena, Italy

<sup>7</sup> Department of Chemistry "G. Ciamician", University of Bologna, Via Selmi 2, 40126 Bologna, Italy

**Keyword:** PET, enzimi, molecular dynamics, microalghe, digestato

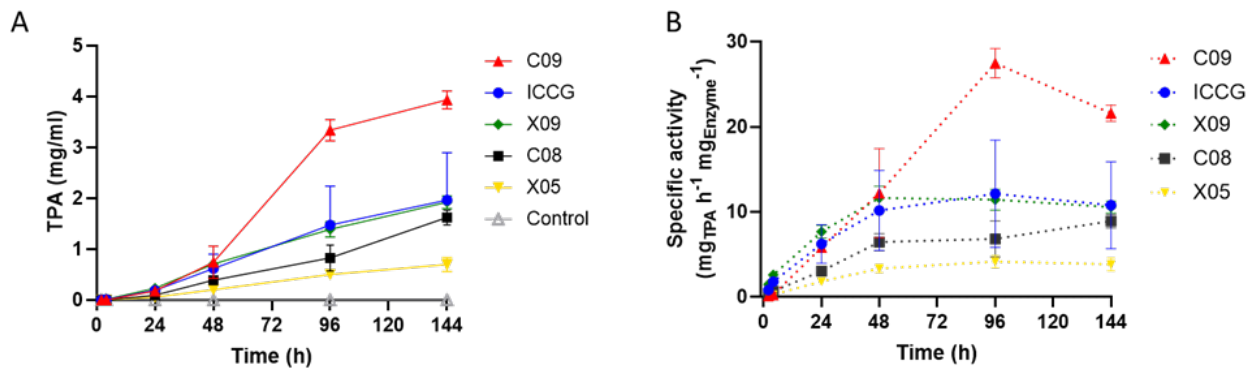
**Tipo di submission:** Presentazione Orale

### Abstract:

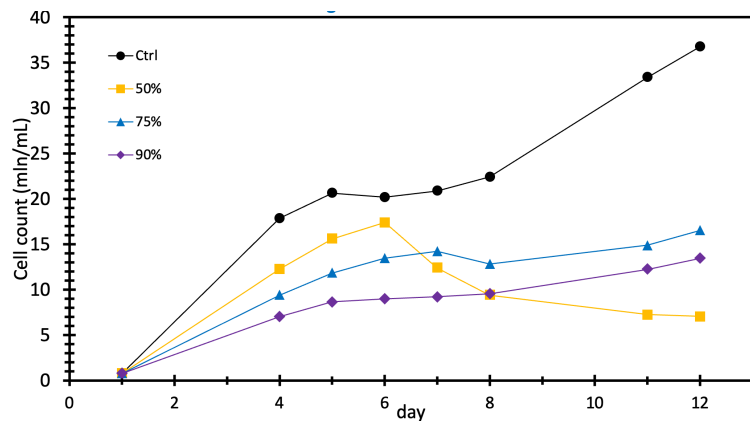
Il polietilene tereftalato (PET) rappresenta il 6.2%<sup>1</sup> della produzione totale di plastica nel mondo. Questo materiale è riciclato principalmente tramite processi meccanici, che ne inficiano le proprietà, o depolimerizzato attraverso processi chimici che richiedono condizioni estreme. Un'alternativa promettente è rappresentata dalla lisi enzimatica del PET, mediante proteine, le PETase, che sono attualmente oggetto di analisi ed ingegnerizzazione volte ad ottimizzarne le proprietà e le applicazioni.

Questo studio presenta il processo di ingegnerizzazione di una PETase, una Leaf-branch Compost Cutinase (LCC), i cui risultati *in vitro* mostrano un aumento della temperatura di melting (T<sub>m</sub>) di 9.2°C, ed un'attività due volte maggiore rispetto al gold standard ICCG<sup>2</sup> (Figura 1), misurata come produzione di acido tereftalico (TPA) dall'idrolisi del polimero.

Al fine di produrre l'enzima con tecnologie green, si è sviluppata e caratterizzata la produzione di una PETase wild type mediante espressione in microalga *Chlamidomonas reinhardtii*<sup>3</sup> cresciuta sia su terreno specifico (Tris-acetato-fosfato, sigla TAP, usato come controllo) sia su frazione liquida del digestato agricolo derivante da materiale di scarto di origine animale e vegetale. I risultati delle prove di crescita in batch, condotti alla scala laboratorio, hanno mostrato come l'alga, pur con rese minori rispetto al controllo, in sia in grado di crescere in modo significativo anche su terreni di coltura alternativi, costituiti dai materiali di scarto sopraccitati (Figura 2). Nel complesso, il progetto mira allo sviluppo del riciclo green del PET, attraverso l'ingegnerizzazione di nuove varianti di enzimi capaci di degradare il PET in modo efficiente, contestualmente allo sviluppo di tecnologie per l'espressione proteica che rendano la produzione di PETase sostenibile sul piano economico ed ambientale.



**Figura 1:** comparazione della depolimerizzazione del PET da parte di diversi enzimi, di cui ICCG (gold standard, blu) e C09 (miglior mutante ingegnerizzato, rosso); **A)** produzione di acido tereftalico (TPA) da lisi del PET nel tempo (68°C, pH 8); **B)** attività specifica nel tempo (68°C, pH 8).



**Figura 2:** confronto tra curve di crescita di *Chlamydomonas reinhardtii* in diverse concentrazioni di digestato ultrafiltrato in TAP: 0% (controllo, solo terreno TAP specifico, nero), 50% (giallo), 75% (blu), 90% (viola).

### Riferimenti bibliografici:

1. PlasticsEurope. Plastics—The Facts 2022.
2. Tournier, V.; Topham, C. M.; Gilles, A.; David, B.; Folgoas, C.; Moya-Leclair, E.; Kamionka, E.; Desrousseaux, M. L.; Texier, H.; Gavalda, S.; Cot, M.; Guémard, E.; Dalibey, M.; Nomme, J.; Cioci, G.; Barbe, S.; Chateau, M.; André, I.; Duquesne, S.; Marty, A. An Engineered PET Depolymerase to Break down and Recycle Plastic Bottles. *Nature* 2020, 580 (7802), 216–219.
3. A PETase enzyme synthesised in the chloroplast of the microalga *Chlamydomonas reinhardtii* is active against post-consumer plastics / Di Rocco, G.; Taunt, H. N.; Berto, M.; Jackson, H. O.; Piccinini, D.; Carletti, A.; Scurani, G.; Braidì, N.; Purton, S.. - In: SCIENTIFIC REPORTS. - ISSN 2045-2322. - 13:1(2023), pp. 10028-10038. [10.1038/s41598-023-37227-5]

# Sintesi, caratterizzazione e applicazione di molecole lipofile come coating idrofobizzante per packaging di cellulosa

Angelica Giovagnoli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipart. Chimica Industriale "Toso Montanari", Bologna, Italy

**Keywords:** Cellulose, sustainable packaging, hydrophobization, organic coatings

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

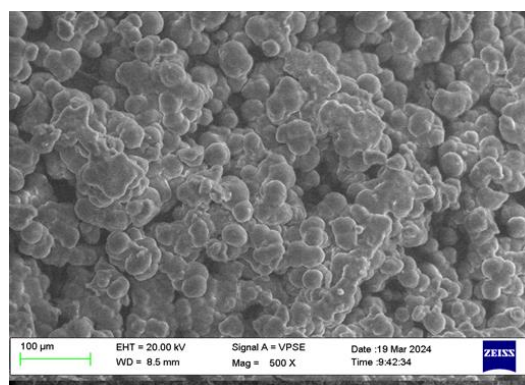
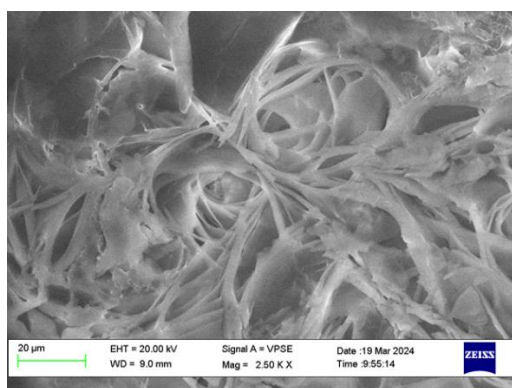
## Abstract:

Nel 2019 il mercato globale degli imballaggi alimentari è stato valutato a 303,26 miliardi di dollari, con un potenziale di crescita di 60,33 miliardi di dollari tra il 2020 e il 2025. Se le attuali tendenze di produzione e gestione dei rifiuti di materiale plastico persistono, si stima che 12.000 milioni di tonnellate si accumuleranno nelle discariche o nell'ambiente entro il 2050, costituendo una seria minaccia per l'ecosistema<sup>1</sup>.

Per tale ragione, l'attuale vera sfida per il mercato del packaging è quella di trovare soluzioni innovative con incrementate performance e spiccata sostenibilità dal punto di vista dei costi, del processo produttivo e dello smaltimento<sup>2</sup>. Materiali come la cellulosa, l'amido, il chitosano e l'acido polilattico sono oggi visti come promettenti alternative a quelli convenzionali per il *food packaging* ma questo può essere favorito solamente da un'accurata ricerca di *additivi e coatings green* da introdurre all'interno delle matrici bio-polimeriche per migliorarne le proprietà termiche, meccaniche e di barriera<sup>2</sup>.

Questo progetto è infatti focalizzato sulla sintesi di additivi *bio-based* da applicare a materiale celluloso per la produzione di packaging sostenibile. Sono stati inizialmente sintetizzati esteri lineari a base di dioli con diversa lunghezza di catena e acidi grassi. Le strutture ottenute sono state confermate dagli spettri <sup>1</sup>H-NMR e dagli spettri IR. I prodotti ottenuti dalle sintesi sono stati sottoposti a TGA e DSC per poterne conoscere le T<sub>m</sub> e le temperature di degradazione. Alcuni campioni di cellulosa, sono stati sottoposti a *dip coating* sia utilizzando dei prodotti puri fusi che soluzioni diluite al 50% con EtOH per ridurre la viscosità. I campioni trattati sono poi stati sottoposti a misure di WCA (*water contact angle*) per valutarne la capacità idrofobizzante. Per incrementare quest'ultima proprietà, reazioni analoghe sono state condotte esterificando con acidi grassi, dei polioli (pentaeritrolo e sorbitolo), ottenendo così dei sistemi di tipo "*star-shape*". I prodotti ottenuti caratterizzati mediante tecniche spettroscopiche (<sup>1</sup>H-NMR,IR) ed analisi termiche (TGA,DSC), sono stati applicati da fusi mediante *dip coating* su campioni di cellulosa. Inoltre, immagini SEM hanno mostrato la formazione di coating morfologicamente differenti a seconda dell'additivo applicato (**Fig.1 A,B**).

Test preliminari di applicazione dei prodotti fusi hanno evidenziato che la lunghezza e il numero delle catene idrofobiche influenza notevolmente le proprietà idrofobizzanti dell'additivo.



**Fig.1 A)** Immagine SEM del coating idrofobizzante realizzato per dip-coating di esteri lineari  
**B)** Immagine SEM del coating idrofobizzante realizzato per dip coating di molecole star-shape

## Riferimenti bibliografici:

1. S.V.G. Kumari, K. Pakshirajan, G. Pugazhenth, Recent advances and future prospects of cellulose, starch, chitosan, polylactic acid and polyhydroxyalkanoates for sustainable food packaging, *International Journal of Biological Macromolecules* 2022, 221, 163-182
2. F.Cirisano., M. Ferrari., Sustainable Materials for Liquid Repellent Coatings, *Coatings* 2021; 11; 1508

# Produzione di acetato di cellulosa a partire da scarti di lavorazione della vite.

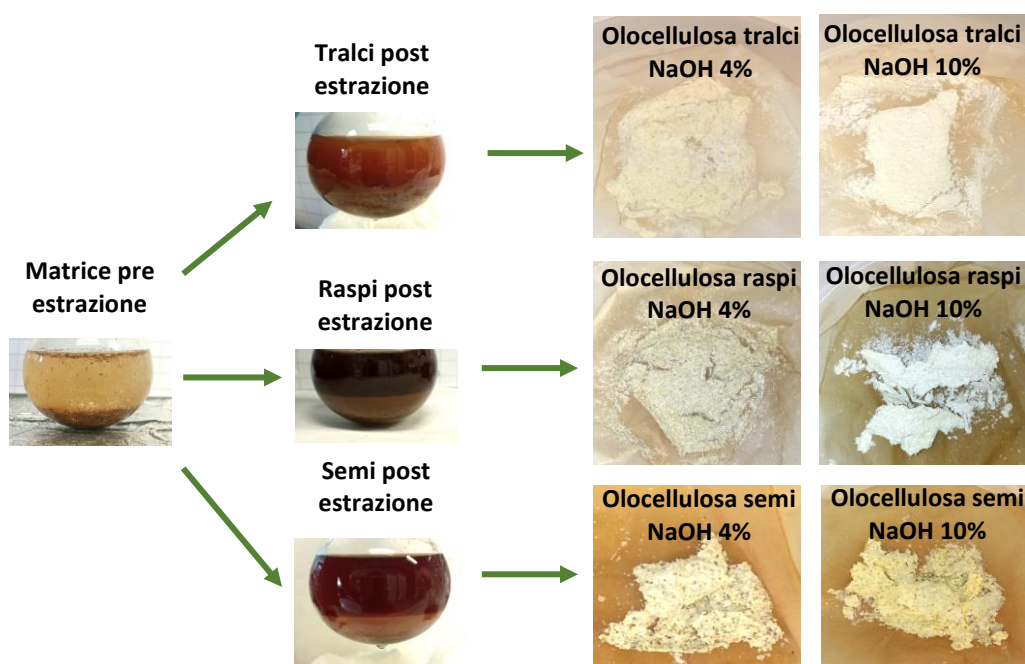
Caravella A.<sup>1</sup>, Lettieri R.<sup>1</sup>, Quintarelli G., Gatto E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipart., Scienze e Tecnologie Chimiche Università Tor Vergata, Roma

**Keyword:** Polimeri Naturali, Scarti di vite, Estrazione Organosolvent, Bioplastica, Acetato Cellulosa.

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

**Abstract:** Il settore vinicolo produce ogni anno enormi quantità di rifiuti lungo la catena di produzione (tralci di potatura, vinacce e raspi). Tra questi, i tralci sono gli scarti più abbondanti con 1.4-2 tonnellate per ettaro a livello globale.<sup>1</sup> Scopo di questo lavoro è la valorizzazione degli scarti provenienti da tale settore, al fine di produrre materiali bioplastici a base di acetato di cellulosa, in un'ottica di economia circolare in cui uno scarto diviene una risorsa. È stato eseguito un processo di estrazione di tipo organosolv su tralci, raspi e semi, al fine di selezionare la matrice migliore in termini di resa percentuale di estrazione della cellulosa. I tralci sono stata la matrice che ha dato i risultati migliori. Il protocollo utilizzato prevede l'utilizzo di una soluzione di etanolo al 60%, il che lo rende particolarmente vantaggioso in termini di sostenibilità.<sup>2</sup> La frazione solida viene separata per filtrazione, mentre alla fase liquida vengono aggiunti 3 volumi di etanolo al 95%, al fine di separare l'emicellulosa dalla lignina. Successivamente è stata valutata l'azione di diversi pretrattamenti sui tralci, selezionando quelli più sostenibili da un punto di vista ambientale. In particolare, sono stati condotti trattamenti con ultrasuoni, autoclave e microonde. I risultati ottenuti indicano che le rese percentuali migliori per cellulosa, emicellulosa e lignina, si ottengono applicando un pretrattamento breve in autoclave. La cellulosa ottenuta è stata infine sbiancata con NaOH al 4%, successivamente acetilata valutando il tempo di reazione ottimale per ottenere il prodotto diacetato. Tutti i prodotti ottenuti sono stati caratterizzati tramite spettroscopia FTIR. È stato sintetizzato un film bioplastico a base di diacetato di cellulosa, additivato con componenti green (glicerolo, lignina).



**Figura 1.** Risultati della fase preliminare di studio sulle tre tipologie di scarto post sbiancamento al 4 e 10 % di NaOH.

## Riferimenti bibliografici:

1. Nanni A., Parisi M., Colonna, M. Wine By-Products as Raw Materials for the Production of Biopolymers and of Natural Reinforcing Fillers: A Critical Review. *Polymers* 2021; 13.
2. Xu F., Sun J.X., Sun R.C., Fowler P., Baird M. S. Comparative study of organosolv lignins from wheat straw. *Industrial Crops and Products* 2006; 23; 180-193.

# THE EFFECT OF THE ADDITION OF BIOFILLER IN PVC ARTIFICIAL LEATHER

V.Bottau<sup>1</sup>, T. Benelli<sup>1,2</sup>, L.Giorgini<sup>1,2</sup>, S. Ballardini<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Chimica Industriale "Toso Montanari", Università di Bologna  
viale del Risorgimento 4, 40136 Bologna, Italy  
e-mail: [vittoria.bottau2@unibo.it](mailto:vittoria.bottau2@unibo.it)

<sup>2</sup> Centro Interdipartimentale per la Ricerca Industriale - Meccanica avanzata e Materiali, CIRI-MAM, Università di Bologna, Viale  
Risorgimento 2, 40136 Bologna, Italy

<sup>3</sup> Vulcaflex SpA, via De Gasperi 2, 48033 Cotignola, Italy

**Abstract** This study, conducted in collaboration with Vulcaflex S.p.A., a leading company in PVC artificial leather production for automotive interiors, addresses the growing demand in the automotive industry for environmentally friendly materials. Agriculture generates substantial waste, including solid biomass, which presents an opportunity for sustainable resource utilization. This work focuses on developing composite artificial leather incorporating bio-fillers derived from natural waste materials, offering benefits such as cost reduction and increased bio-based content.

The aim of this research is to investigate the possibility of incorporate four different bio-fillers (rice husk, mushrooms, coffee husk, and cork) into the middle and expanded layers of a multilayer PVC artificial leather. First of all the workability of the obtained plastisol, and the properties of the final composite materials were assessed. Then, the two most promising bio-fillers (rice husk and mushrooms) were fully characterize, including grain size analysis, SEM microscopy, and thermogravimetric analysis (TGA). Furthermore, artificial leather with different bio-filler concentration were produced and their performances were evaluated and compared. The results allowed the identification of two suitable bio-fillers for incorporation into synthetic leather and highlighted critical considerations regarding their addition, such as the moisture absorbed by the filler, which may result in defects in the final product. Among the two bio-fillers, rice husk emerges as the better option, as mushrooms impart an unpleasant odor to the synthetic leather, which is unsuitable for the final application in automotive interiors.

# Una nuova soluzione per il riciclo: il tracer-based-sorting

Romano F.<sup>2</sup>, Ceroni P.<sup>1-2</sup>, Villa M.<sup>1-2</sup>, Germinario A.<sup>1-2</sup>

<sup>1</sup>Dip. Chimica G. Ciamician, Alma Mater Università di Bologna, Italia; <sup>2</sup>SINBIOSYS SRL, Bologna, Italia

**Keyword:** Riciclo, fluorescenza, tracer-based sorting, closed-loop

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

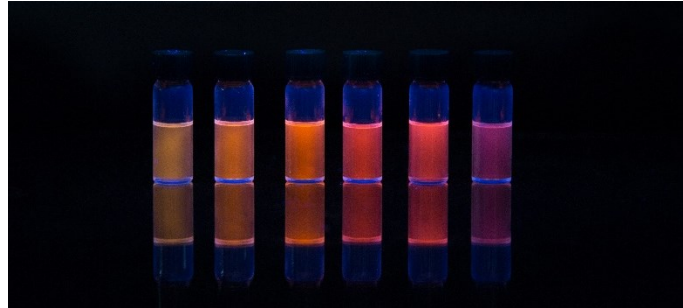


Fig. 1 - Materiali traccianti utilizzati nello studio sotto irraggiamento con luce UV.

**Abstract:** La separazione inefficace dei numerosi polimeri e delle loro combinazioni e additivazioni rappresenta il principale ostacolo all'adozione di un'economia circolare della plastica. La tecnologia nota come Tracer-Based Sorting (TBS) offre una soluzione mirata senza richiedere una ristrutturazione della supply chain o costi di setup significativi.

Il termine "tracer-based sorting" si riferisce a un metodo di identificazione e separazione delle plastiche utilizzando traccianti o marcatori specifici. In questo processo, vengono introdotti traccianti o marcatori nelle plastiche durante la produzione o prima del consumo. Questi marcatori possono essere inchiostri o additivi aggiunti in piccole quantità e che non alterano le proprietà delle plastiche. I traccianti possono essere inseriti in massa nei polimeri oppure essere stampati sugli imballaggi flessibili o tramite etichette, insieme agli altri inchiostri. Possono quindi essere utilizzati per creare codici di colore, pattern o una filigrana invisibile per ottenere segnali diversi per ogni tipo o combinazione di polimero.

La capacità di questa tecnologia di separare anche oggetti dello stesso polimero ma provenienti da utilizzi diversi è di fondamentale importanza.

L'implementazione su larga scala di una tecnologia come il "tracer-based sorting" avrà un impatto significativo sull'ambiente, sull'economia e sulla gestione dei rifiuti, aumentando il riciclo degli imballaggi dal 10-20% attuale ad un potenziale 90% in pochi anni con investimenti molto ridotti rispetto al costo degli impianti attuali.

Il nostro studio riporta i risultati ottenuti con traccianti luminescenti invisibili (Fig. 1) inseriti in massa in polipropilene e test di smistamento con sistemi ottici sia di laboratorio che commerciali a concentrazioni di lavoro fino a 20 ppm di tracciante rispetto alla quantità di polimero.

## Riferimenti bibliografici:

1. Ceroni P., Romano F., Silicon nanostructures as luminescent markers for the recycling of plastic. *European patent (pending)* 2019, EP3870639A1;



## Upcycling dei fanghi di scarto: l'innovativo processo B-Plas

Alisar Kiwan<sup>1</sup>, Daniele Pirini<sup>1</sup>, Eleonora Torricelli<sup>1</sup>, Cristian Torri<sup>2</sup>, Davide Collini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>B-Plas Sbrl, Via Gessi 16, Lugo, Italy

<sup>2</sup>Università di Bologna, Via Selmi 4, Italy

Keywords: fanghi depurazione, carbonizzazione idrotermale, HTC, separazione solido/liquido, filtro pressa, digestione anaerobica, VFA, poliidrossialcanoati, PHA

Presenting author email: [alisar.kiwan@b-plas.it](mailto:alisar.kiwan@b-plas.it)

Il trattamento delle acque reflue è una pratica fondamentale per garantire la salute pubblica e la protezione dell'ambiente. Le caratteristiche e le quantità delle acque reflue e il tipo di trattamento determinano la quantità e la qualità dei fanghi risultanti. I fanghi provenienti dagli impianti di depurazione civili e industriali sono un problema crescente in tutta l'UE. In Italia, ogni anno vengono prodotti più di 4 Mt<sup>1</sup> di fanghi da impianti di depurazione. Il trattamento e la gestione dei fanghi sono operazioni complesse e costose che hanno un forte impatto sull'ambiente. Le principali destinazioni sono smaltimenti, come le discariche e gli impianti di incenerimento, e recuperi, digestione anaerobica e produzione ammendanti (fanghi civili). Data la regolamentazione sempre più stringente e la mancanza di sistemi a livello nazionale, è necessario individuare alternative innovative per la valorizzazione di questi rifiuti.

La riduzione dei volumi di fanghi da smaltire e la loro conversione in prodotti ad alto valore aggiunto sono pratiche fondamentali per lo sviluppo di una bioeconomia sostenibile. In questo contesto, un nuovo approccio ecologico nella gestione dei rifiuti può portare all'upcycling dei fanghi di depurazione come fonte rinnovabile.

B-Plas srl società benefit è una start-up innovativa di Diemme Filtration srl, partner di Aqseptence Group, che ha sviluppato un nuovo processo incentrato sul recupero e l'upcycling di materia organica dalle acque reflue. Il processo B-Plas riduce al minimo i volumi di fanghi da smaltire e converte una frazione significativa del carbonio organico solubile in poliidrossialcanoati (PHA) come biopolimero a base biologica attraverso colture microbiche miste (MMC). L'intero processo (Figura 1) è suddiviso in due unità principali: il modulo fanghi mira a ridurre il volume dei fanghi da smaltire, mentre l'altro è dedicato alla produzione di PHA. La fase di carbonizzazione idrotermale (HTC) consente la solubilizzazione del carbonio organico immagazzinato nel fango; una fase di digestione anaerobica acidogena (AD) trasforma il carbonio solubile in acidi grassi volatili (VFA, intermedi per la produzione di PHA). Il flusso liquido, ricco di VFA e nutrienti, viene separato tramite filtropressa e sottoposto a una fase di fermentazione aerobica in cui le MMC convertono i VFA in PHA.

Il processo B-Plas combina processi termici e biologici per recuperare energia dai fanghi delle acque reflue, dimostrando che è possibile ridurre la quantità di fanghi da smaltire e riciclarli in diversi sottoprodotti come hydrochar, VFA o PHA.

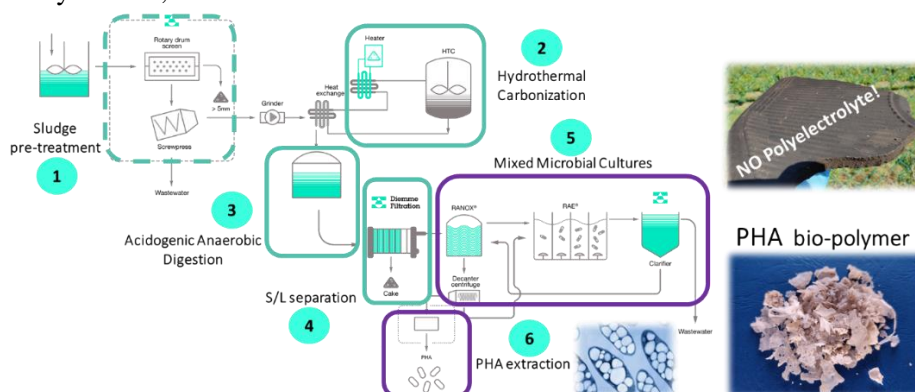


Figura 1: il processo completo B-Plas

<sup>1</sup>link [Rapporto Rifiuti Speciali - Edizione 2023 — Italiano \(isprambiente.gov.it\)](https://www.isprambiente.gov.it)

# Trattamenti chimici e fisici della cellulosa per applicazioni nell'ambito dell'imballaggio alimentare

Giusti G.<sup>1</sup>, Balducci E.<sup>2</sup>, Parrinello F.<sup>2</sup>, Pucci F.<sup>2</sup>, Laghi G.<sup>3</sup>, Gherardi M.<sup>3</sup>, Gualandi C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician", Università di Bologna, Bologna, Italia; <sup>2</sup>Azienda Sacmi Imola, Imola, Italia; <sup>3</sup>Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Bologna, Bologna, Italia.

**Keyword:** cellulosa, idrofobizzazione, olii vegetali, plasma, "chemical vapour deposition" CVD

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

**Abstract:** L'utilizzo diffuso della plastica per gli imballaggi, specialmente quelli per bevande e alimenti, è dovuto ai suoi vantaggi in termini di costi, durata e facilità di produzione. Tuttavia, l'accumulo di rifiuti plastici non biodegradabili nell'ambiente ha portato alla ricerca di alternative ecocompatibili. La cellulosa<sup>1</sup>, il biopolimero naturale più abbondante sulla terra, si presenta come una promettente soluzione. Tuttavia, la sua lavorazione e la sua natura idrofila ne limitano l'utilizzo per il confezionamento di bevande e alimenti. L'azienda italiana Sacmi ha già superato il primo ostacolo tecnologico sviluppando un sistema per la lavorazione e lo stampaggio di fibre secche di cellulosa che consente la produzione di oggetti complessi, come i tappi di bottiglia. La natura idrofila della cellulosa può invece essere modificata applicando specifici trattamenti di idrofobizzazione. In questo ambito, tre approcci potenzialmente scalabili ed ecosostenibili sono in fase di studio presso Sacmi: (i) la modifica di fibre cellulosiche vergini mediante "Chemical Vapour Deposition" (CVD) di un composto altamente idrofobico; (ii) l'attivazione mediante plasma della superficie della cellulosa prima di eseguire la funzionalizzazione con un composto idrofobico; (iii) il coating con olii vegetali poli-insaturi.

Nel primo approccio CVD, le fibre cellulosiche vengono esposte ai vapori di esadecil-trimetossi-silano, un silano altamente idrofobico, all'interno di un contenitore sigillato<sup>2</sup>, variando temperature e tempi di esposizione. Successivamente, i substrati cellulosici vengono pressati a caldo ed infine trattati a 120°C per un'ora al fine di promuovere l'innesto del silano sulla superficie. Angoli di contatto stabili e superiori a 90° vengono ottenuti per temperature maggiori di 20°C e dopo il post-trattamento termico.

Il secondo metodo mira a migliorare la reazione tra le fibre cellulosiche con i composti idrofobici mediante l'attivazione preliminare della superficie di cellulosa. Per tale scopo, si è impiegato un metodo a secco utilizzando un sistema al plasma<sup>3</sup> ad ossigeno a pressione atmosferica. Sebbene la ricerca sia ancora agli inizi, i primi test sembrano promettenti e meritano ulteriori approfondimenti.

Nel terzo e ultimo approccio viene sfruttata una peculiarità degli olii vegetali poli-insaturi, nei quali la presenza di doppi legami nelle catene dell'acido grasso portano alla formazione di una struttura reticolata che forma un film solido e continuo attraverso un processo di polimerizzazione ossidativa che avviene naturalmente in condizioni atmosferiche nell'arco di diversi giorni. La reazione di polimerizzazione è stata accelerata applicando specifici trattamenti termici o esponendo il sistema reattivo al plasma a pressione atmosferica. La calorimetria differenziale a scansione (DSC) e la spettroscopia a infrarossi (ATR-FTIR) sono state condotte su campioni sottoposti a diversi processi di polimerizzazione per ottenere informazioni sul grado di conversione del sistema e per ottimizzare le condizioni stesse del trattamento. Le fibre di cellulosa trattate con l'olio ed esposte ad elevate temperature sono risultate idrofobiche con un basso assorbimento di acqua.

## Riferimenti bibliografici:

1. Liu, Yaowen, et al. "A review of cellulose and its derivatives in biopolymer-based for food packaging application." *Trends in Food Science & Technology*; 2023; 112; 532-546.
2. Jin, Hua, et al. "Superhydrophobic and superoleophobic nanocellulose aerogel membranes as bioinspired cargo carriers on water and oil." *Langmuir*; 2011; 27.5; 1930-1934.
3. Leal, Salomé, et al. "Hydrophobic modification of bacterial cellulose using oxygen plasma treatment and chemical vapor deposition." *Cellulose*; 2020; 27; 10733-10746.



# Analisi del ciclo di vita della plastica: stato dell'arte e prospettive

Arfelli F.<sup>1</sup>, Rossi E.<sup>1,2</sup>, Cespi D.<sup>1,2</sup>, Ciacci L.<sup>1,2</sup>, Passarini F.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Dipart., di Chimica Industriale "Toso Montanari", Università di Bologna, via Piero Gobetti 85, 40136 Bologna, Italia; <sup>2</sup>CIRI FRAME, Università di Bologna, via Angherà 22, 47922 Rimini, Italia.

**Keyword:** Plastica, Ambiente, Life Cycle Assessment, Microplastiche

**Tipo di submission:** Presentazione Orale

## Abstract:

L'associazione tra plastica e salute dell'ambiente è argomento di grande rilevanza sia a livello politico che scientifico. Le implicazioni relative allo sfruttamento delle risorse coinvolte nella produzione di plastica (fonti fossili, biomasse o fonti secondarie), ed in particolare gli impatti ambientali che si verificano nella fase del suo fine vita (relativi alla gestione o al rilascio di microplastiche nell'ambiente), sono oggetto di crescente dibattito e risulta ancora complicato bilanciare i benefici e gli svantaggi relativi all'utilizzo di questi materiali. In questo contesto, l'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA) si pone come strumento di valutazione quantitativa, costituendo una delle metodologie più diffuse ed accettate per identificare e quantificare i potenziali impatti ambientali associati ad un prodotto o un sistema. Attraverso una selezione di casi studio il contributo mira a illustrare le potenzialità dell'LCA nel settore della plastica, evidenziandone prospettive e limiti.

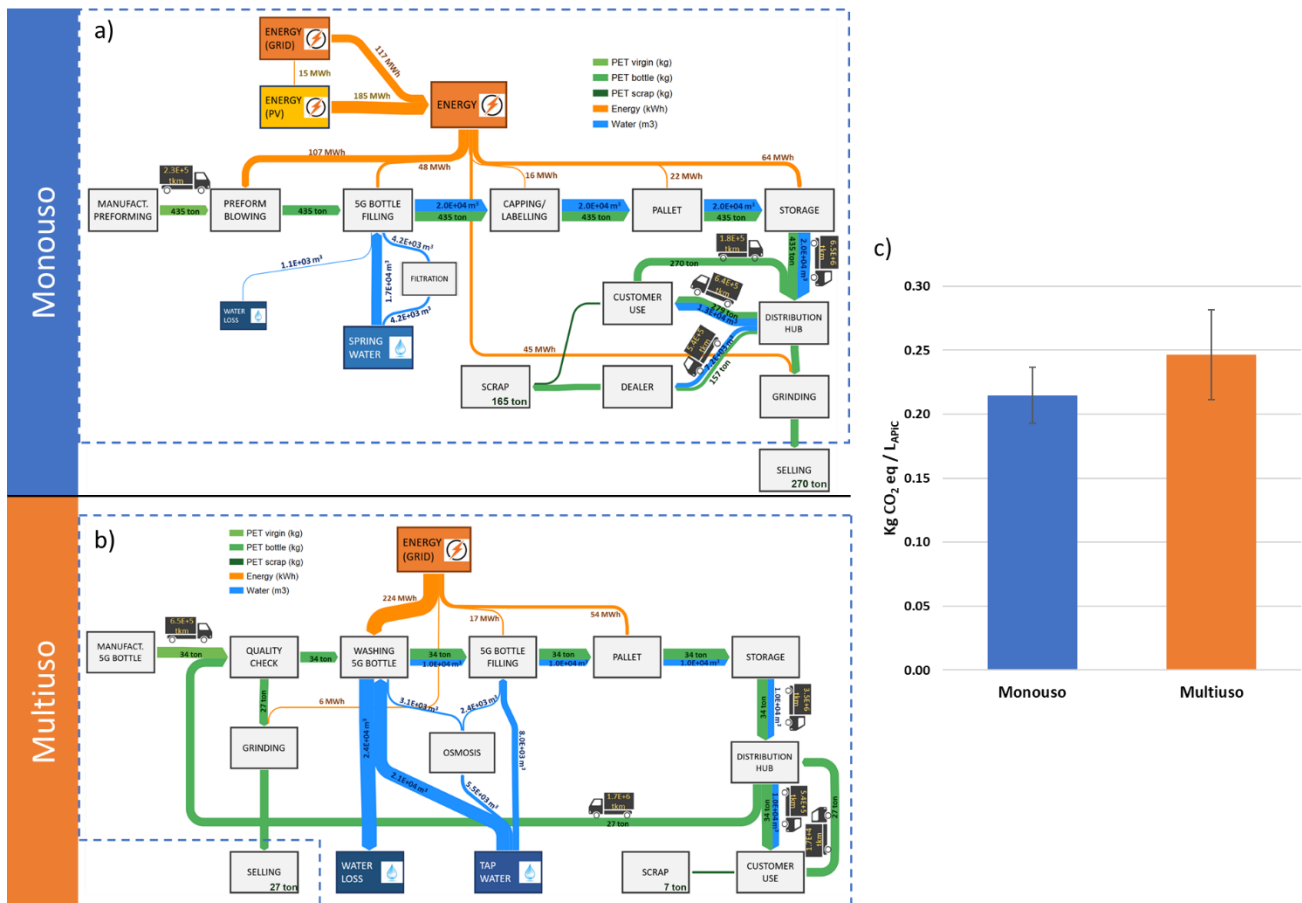


Figura 1: Sistema prodotto dei contenitori in PET monouso (a) e riutilizzabili (b) e confronto degli impatti relativi al Riscaldamento Globale (GWP) delle due alternative calcolato col metodo ReCiPe 2016.

Nello specifico, un primo caso studio [1] propone un confronto tra contenitori d'acqua monouso e riutilizzabili (Figura 1A e 1B), in riferimento ad 1 litro di acqua potabile contenuto nel recipiente ( $L_{APIC}$ ), scelto come unità funzionale per la normalizzazione dei consumi di materia prima, di energia, delle emissioni e degli impatti relativi al trasporto e alla gestione dei rifiuti. I risultati individuano una confrontabilità tra gli impatti osservati: in particolare, al netto delle incertezze, 13/18 categorie mostrano una preferibilità per il monouso evidenziando, ad esempio, un valore di potenziale contributo di gas climalteranti di 0.205 kg CO<sub>2</sub> eq/ $L_{APIC}$  contro 0.214 kg CO<sub>2</sub> eq/ $L_{APIC}$  (Figura 1C). Dall'analisi emerge l'elevata incidenza delle fasi logistiche, le quali rappresentano il

principale hotspot per tutte le 18 categorie di impatto valutate, rendendo dominante il ruolo delle distanze percorse e dei mezzi impiegati nella fase di approvvigionamento. Anche i consumi di acqua favoriscono il monouso, poiché i contenitori riutilizzabili richiedono un volume per il lavaggio pari a 2  $L_{APIC}$ .

Nel secondo studio [2], viene esaminato un approccio metodologico che consente di valutare gli impatti e i benefici ambientali associati al riciclaggio meccanico e chimico del PET. Si discute la scelta di un'unità funzionale appropriata che tenga conto della qualità superiore del prodotto ottenuto attraverso riciclaggio chimico, identificato nel monomero di partenza. Al contrario, il PET proveniente da riciclo meccanico, potrebbe presentare caratteristiche prestazionali inferiori, limitandone il suo utilizzo in alcuni settori e riducendo il numero di cicli di riciclaggio a cui può essere sottoposto senza che le sue proprietà siano irrimediabilmente compromesse.

Infine, in linea con la crescente preoccupazione per la presenza di microplastiche nell'ambiente, viene discusso uno studio [3] che propone i primi fattori di caratterizzazione per valutarne l'impatto negli ecosistemi acquatici. L'innovazione risiede nella possibilità di stimare in maniera quali-quantitativa e comunicare in modo diretto e comprensibile l'impatto ambientale delle microplastiche.

#### **Riferimenti bibliografici:**

1. Arfelli, F.; Ciacci, L.; Passarini, F. Report: Analisi Del Ciclo Di Vita Di Diversi Scenari Di Approvvigionamento, Produzione e Distribuzione Di Dispenser Di Acqua Con Approccio Monouso e Multiuso.; 2019.
2. Caelli, C.; Arfelli, F.; Caraceni, F.; Cespi, D.; Cordara, M.; Brondi, C.; Ballarino, A. Implementation of LCA in the Circular Economy Context: Methodological Issues for Application in PET Packaging. Accepted by CIRP Procedia in date 29/01/2024
3. Corella-Puertas, E.; Hajjar, C.; Lavoie, J.; Boulay, A.M. MarILCA Characterization Factors for Microplastic Impacts in Life Cycle Assessment: Physical Effects on Biota from Emissions to Aquatic Environments. J Clean Prod 2023, 418, doi:10.1016/j.jclepro.2023.138197.

# Interferenti endocrini derivati dalle plastiche nelle acque superficiali interne e marine costiere: evento alluvionale del 2023 in Emilia-Romagna

Luccarini C.<sup>1</sup>, Profita M.<sup>1</sup>, Martella L., Valbonesi P.<sup>1</sup>, Fabbri E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipart. Di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, Università di Bologna, Campus di Ravenna, Italia

**Keyword:** Bisfenolo A; 4-Nonilfenolo; interferenti endocrini; plastiche; alluvione in Emilia-Romagna

**Tipo di submission:** Poster

**Abstract:** I rifiuti di materiali plastici in ambiente sono da decenni una delle principali cause di inquinamento, in particolare la loro degradazione porta a un rilascio di sostanze, quali additivi necessari alla loro lavorazione, che risultano persistenti e ubiquitari, sia nei sedimenti che nelle acque. La maggior parte di questi additivi sono considerati pericolosi per la salute degli organismi e per l'ambiente; tra questi vi sono il Bisfenolo A (BPA) e il 4-Nonilfenolo (NP), interferenti endocrini che mostrano attività simil-estrogenica negli organismi.

Gli eventi meteorologici estremi sono sempre più frequenti in territori dove storicamente non vi era esigenza di prevenzione e tutela, questo sta portando alla rivalutazione delle misure di emergenza ma anche della salvaguardia ambientale. L'evento alluvionale di maggio 2023 in Emilia-Romagna si è rivelato drammatico dal punto di vista umano, delle infrastrutture ma anche del danno ambientale in quanto sono stati compromessi i sistemi di raccolta delle acque reflue, le esondazioni hanno smosso ingenti quantità di rifiuti e si è verificato un sovraccarico dei canali di drenaggio artificiali che hanno rapidamente riversato in mare quantità anomale di acqua.

Lo scopo del nostro studio è stato quello di indagare la presenza di interferenti endocrini derivati da rifiuti plastici nelle acque a seguito dell'alluvione nel territorio ravennate, adottando un approccio integrato tra analisi chimiche per valutare la presenza di BPA e NP nelle acque di fiumi e canali e nelle acque costiere, e biologiche per valutare il potenziale estrogenico delle acque interne.

Le analisi chimiche dei campioni sono state effettuate tramite cromatografia liquida accoppiata alla spettrometria di massa tandem, mentre è stato impiegato il test biologico E-screen per valutare l'attività estrogenica di cellule esposte all'acqua campionata.

Nel mese di maggio sono state rilevate nelle acque costiere le concentrazioni di BPA più elevate rispetto agli altri mesi di campionamento (giugno e ottobre). Nelle acque interne non sono emerse grandi differenze di concentrazione di BPA tra i fiumi e i canali di drenaggio, nonostante le dimensioni differenti dei corpi d'acqua; questo testimonia una contaminazione di questi ambienti non trascurabile.

Per il NP si è evidenziata una contaminazione diffusa nei corpi d'acqua ma senza andamenti significativi.

Le analisi biologiche hanno evidenziato una lieve attività estrogenica nell'acqua campionata dal fiume Lamone a maggio e a giugno, invece per il Reno si è riscontrata citotossicità cellulare; anche l'acqua del canale Cerba a giugno ha mostrato di indurre debolmente attività estrogenica.

I canali di drenaggio hanno mostrato livelli di contaminazione comparabili o anche superiori a quelli dei fiumi, suggerendo la necessità di azioni di monitoraggio a cui non sono normalmente sottoposti. La mancanza di dati storici non permette di correlare con certezza l'effetto dell'alluvione ai dati rilevati, sebbene sia evidente come BPA e NP siano contaminanti diffusi.