



foto DT-SPARUS



foto TT Press / Samuel Golay

MICROPLASTICHE: UNA MACRO-REALTÀ ANCHE PER IL TICINO?

Giulia Buob

Ufficio del monitoraggio ambientale

Nicola Solcà

Ufficio della gestione dei rischi ambientali e del suolo

Emera Forni

ETH Zurigo

Dopo i primi studi condotti in Svizzera dal 2014 sull'inquinamento da microplastiche delle acque dolci, una campagna di misurazione promossa dal Dipartimento del territorio qui riassunta conferma la presenza di microplastiche nelle acque del Ceresio, contribuendo alle prime attività di ricerca e monitoraggio di un fenomeno emergente e ancora poco approfondito. Le microparticelle sintetiche di dimensioni comprese tra 0,3 e 5 mm, raccolte dallo specchio d'acqua e studiate nel 2018, sono risultate presenti in concentrazioni di circa 0,2 microparticelle per m², un livello che si situa nella parte alta rispetto ad altri laghi svizzeri. L'analisi dei residui indica come gli stessi derivino principalmente dalla frammentazione di plastiche non o molto poco biodegradabili, in origine più grandi ma nel tempo disgregate per effetto dell'usura. Nell'attesa che gli enti preposti completino le necessarie valutazioni relative ai possibili rischi di questi residui nell'ambiente proponendo, se del caso, opportune regolamentazioni specifiche, i risultati ottenuti possono essere utilizzati per suggerire prime considerazioni volte a diminuire alla fonte l'emissione di microplastiche e dei loro precursori.

Introduzione

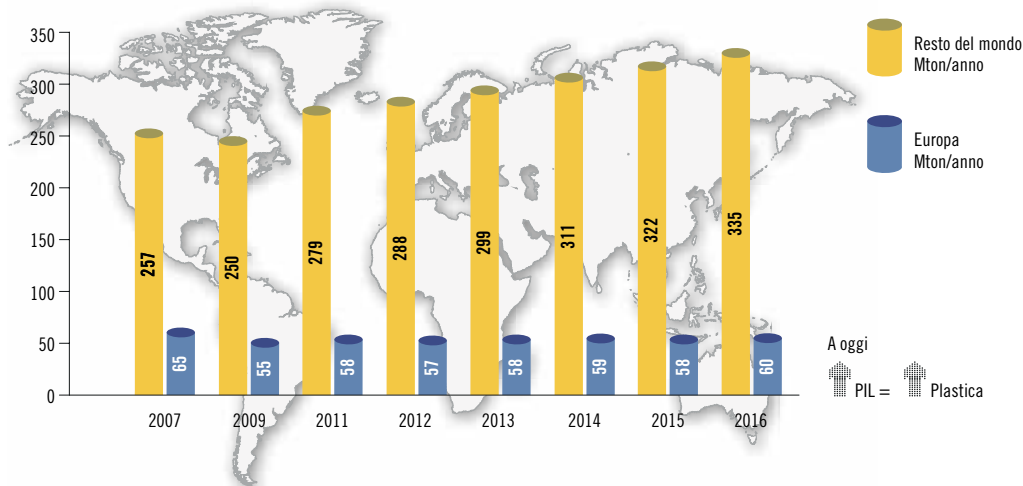
La plastica è senza dubbio un materiale straordinario. L'invenzione della plastica agli inizi del Novecento ha cambiato il nostro modo di vivere: la natura versatile di questo materiale ha permesso di rivoluzionare il settore sanitario, ha modificato il mondo del packaging alimentare e l'utilizzo dei prodotti di pulizia, il nostro modo di viaggiare e di vestire (Boucher e Friot 2017, United Nations Environment Programme 2018). Dagli anni Cinquanta la produzione e il consumo di prodotti in plastica sono aumentati in maniera esponenziale, superando la produzione di qualsiasi altro materiale e sostituendone la maggior parte, soprattutto nel settore degli imballaggi. Se in Europa negli ultimi 10 anni la produzione di plastica ha registrato un andamento piuttosto statico (circa 60 mega tonnellate all'anno), nel resto del mondo è aumentata raggiungendo addirittura 335 mton/annue nel 2016 [F. 1] (Limbach 2018).

Nonostante la plastica sia un materiale straordinario, gli svantaggi che derivano dal suo crescente impiego sono sempre più evidenti, a

cominciare dal consumo di risorse non rinnovabili (la produzione della plastica è fortemente legata al consumo di idrocarburi fossili). Inoltre, i materiali plastici generano un'enorme quantità di rifiuti: se il 70% circa della plastica a livello mondiale viene valorizzata (riciclo o riutilizzo per la produzione di energia) il restante 30% è trasportato in discarica e, assieme ai rifiuti in plastica rilasciati direttamente nell'ambiente, contamina l'ecosistema infiltrandosi nel suolo, nei fiumi, nei laghi e infine negli oceani (Ivleva et al. 2017, UNEP 2018). La maggior parte dei materiali plastici sono molto resistenti alla biodegradazione chimica o biochimica, motivo per il quale permangono nell'ambiente molto a lungo. Si frantumano per contro fisicamente in frazioni sempre più piccole, trasformandosi in "microplastiche", difficilmente visibili a occhio nudo. L'accumulo di queste ultime nell'ambiente o negli organismi viventi e le possibili conseguenze che ne derivano sono tuttora poco conosciuti, motivo per il quale quello delle microplastiche è un tema di grande interesse scientifico e politico-ambientale (Ivleva

F.1

Produzione di plastica* (in megatonnellate), in Europa e nel resto del mondo, dal 2007 al 2016



* Senza PET, PA, PP e acrilici
 Fonte: Limbach 2018

et al. 2017, UNEP 2018, ECHA 2019). Il primo studio elvetico riguardante il tema delle microplastiche nelle acque dolci è stato commissionato dall'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) al politecnico federale di Losanna (EPFL) nel 2014, considerando tra gli altri anche il bacino svizzero del Lago Maggiore (Faure e De Alencastro 2014). Per ottenere dati utili sul Ceresio, lago non considerato sino ad ora, il Dipartimento del territorio ha deciso di eseguire nel 2018 una campagna di misurazione e di analisi delle microplastiche anche per il Lago di Lugano, impiegando la stessa metodologia utilizzata dall'EPFL (DT-SPAAS 2018).

Microplastiche primarie e secondarie

La plastica è per definizione un materiale plasmabile, costituito da polimeri organici sintetici, prodotti tramite la polimerizzazione di sostanze base derivate tipicamente da petrolio, gas e carbone (Ivleva et al. 2017). A differenza di altri materiali, la plastica non si corrode e non arrugginisce. La maggior parte dei materiali plastici non è biodegradabile, ma può subire un processo di disgregazione in frammenti di più piccole dimensioni, per esempio a seguito dell'esposizione ai raggi ultravioletti (UNEP 2018). La presenza di macroplastiche (> 5 mm) negli ecosistemi marini è stata documentata già a partire dagli anni Settanta; per contro, le indagini sulla presenza e i possibili effetti ambientali delle microplastiche (< 5 mm) sono stati tematizzati solo di recente e, a oggi, sulla base di studi molto limitati (DT-SPAAS 2018). Le microplastiche possono essere suddivise in due grandi categorie [F. 2]:

1. Le **microplastiche primarie**, prodotte volontariamente e concepite principalmente come componenti all'interno di prodotti di consumo quali vernici e prodotti di pulizia, sia industriali, sia per la pulizia del corpo (es.

F.2

Le due grandi categorie di microplastiche

MICROPLASTICHE PRIMARIE

Prodotti intenzionalmente fabbricati in dimensioni "micro" (es. biglie in cosmetici, granuli industriali)



MICROPLASTICHE SECONDARIE

Derivate da degradazione di prodotti plastici macroscopici (es. frantumazione di sacchetti e film da confezionamento, dispersione di particelle di tessuti sintetici)

Fonti: www.ti.ch/microplastiche; Boucher e Friot 2017

dentifricio, prodotti esfolianti) o quali materiali intermedi per la produzione di pellet e granuli industriali;

2. Le **microplastiche secondarie**, derivanti dalla scissione di plastiche di dimensioni più grandi tramite processi di abrasione meccanica, fotodegradazione e degradazione (microbiologica (Ivleva et al. 2017, European Commission 2017).



T. 1
Plastiche nei laghi (per km²), secondo la quantità e il peso complessivo, nel 2014 (lago Maggiore e laghi svizzeri) e nel 2018 (Ceresio)

	No. di prelievi	Microplastiche (< 5 mm)			Macroplastiche (> 5 mm)		
		Media	Mediana	Dev. standard	Media	Mediana	Dev. standard
Maggiore (# / km ²)	4	220.000	220.000	150.000	6.500	5.300	6.300
Maggiore (mg / km ²)	4	69.000	77.000	48.000	170.000	140.000	160.000
Ceresio (# / km ²)	12	213.500	194.600	155.900	4.900	4.000	4.600
Ceresio (mg / km ²)	12	59.400	32.300	74.400	199.200	66.100	400.600
Laghi CH media (# / km ²)	27	91.000	48.000	120.000	1.800	860	3.100
Laghi CH media (mg / km ²)	27	26.000	8.500	33.000	44.000	12.000	80.000

Fonti: EPFL 2014 e DT-SPAAS 2018

Una volta raggiunte le acque superficiali, le microplastiche più leggere dell'acqua (come per esempio il polipropilene) galleggiano, ed eventualmente si accumulano sulla superficie e nei vortici causati dalla corrente. Le microplastiche più dense invece, come per esempio le plastiche acriliche, s'inabissano accumulandosi sul fondo (Boucher e Friot 2017).

Per le acque dolci si è potuto stabilire con una certa sorpresa che le concentrazioni tipiche di microplastiche si situano nello stesso ordine di grandezza di quanto è possibile verificare nei mari, verosimilmente a seguito di una minore diluizione. I possibili effetti di tali microplastiche sono ancora in gran parte da approfondire, fermo restando che rispetto alle plastiche di più grandi dimensioni possono essere più facilmente trasmesse attraverso la catena alimentare, ed eventualmente causare stress epatico o fenomeni di accumulo. Altri effetti negativi possono dipendere da numerose variabili come la tipologia chimica e dimensionale (Eerkes-Medrano, Thompson e Aldridge 2015, Schäfer 2015, DT-SPAAS 2018).

Le microplastiche in Svizzera, in Ticino e nei diversi comparti ambientali

Un primo studio dell'Università di Berna relativo al suolo, mostra la presenza di microplastiche in diverse piane alluvionali svizzere. Secondo le analisi di questo studio preliminare, i primi 5 centimetri dei suoli alluvionali svizzeri contengono un totale di circa 53,2 tonnellate di

microplastiche. Poiché le microplastiche possono essere trasportate all'interno degli strati di suolo, è possibile che siano presenti anche negli strati più profondi. Le concentrazioni rilevate nei primi strati di suolo esaminati risultano in ogni caso minori rispetto a quelle ritrovate nei sedimenti lacustri dei laghi osservati sinora su suolo elvetico (Scheurer e Bigalke 2018).

Gli studi dell'EPFL sulle acque mostrano invece che tutti i laghi svizzeri esaminati – tra cui il lago Maggiore – sono toccati dall'inquinamento di microplastiche [T. 1] e che, nonostante i quantitativi osservati non sembrano preoccupanti in rapporto alle conoscenze attuali, i pesci e gli uccelli acquatici le possono ingerire. Nei campioni di acqua superficiale analizzati sono state trovate mediamente circa 0,1 micro particelle per m² di microplastiche e quantitativi anche superiori a quelli tipicamente osservabili negli oceani per la categoria dimensionale 0,3 - 5 mm. Sono presenti principalmente microplastiche secondarie da oggetti e imballaggi. È stata documentata una variabilità molto importante nei risultati di singole misurazioni, indicando che la presenza di microplastiche in una determinata zona dei laghi e in un determinato momento può variare considerevolmente (Faure e De Alencastro 2014, Faure et al. 2015).

Le conoscenze sulla presenza di microplastiche nell'ambiente in Svizzera sono complessivamente ancora molto limitate, sia in relazione ai comparti ambientali valutati puntualmente sinora che nelle caratteristiche e dimensioni delle microplastiche stesse. Verosimilmente il ciclo

F. 3

Rete di campionamento di tipo "Manta", utilizzata per il prelievo delle microplastiche nel lago Ceresio



Fonte: DT-SPAAS 2018

delle acque rappresenta la via di trasporto e diffusione più importante. D'altra parte, plastiche più piccole e leggere e di diversa origine, come quelle prodotte dall'abrasione di pneumatici nel traffico stradale, possono essere presenti nelle polveri sottili e veicolate anche attraverso l'aria (Hüglin et al. 2012).

Ceresio: presupposti, morfologia, metodo di campionamento

Considerata la probabile tendenza a un accumulo di microplastiche anche nel Ceresio, il Dipartimento del territorio ha deciso di condurre un'analisi simile a quella eseguita dall'EPFL nel 2014.

Il lago Ceresio è composto da tre diversi bacini con caratteristiche morfologiche e idrologiche differenti:

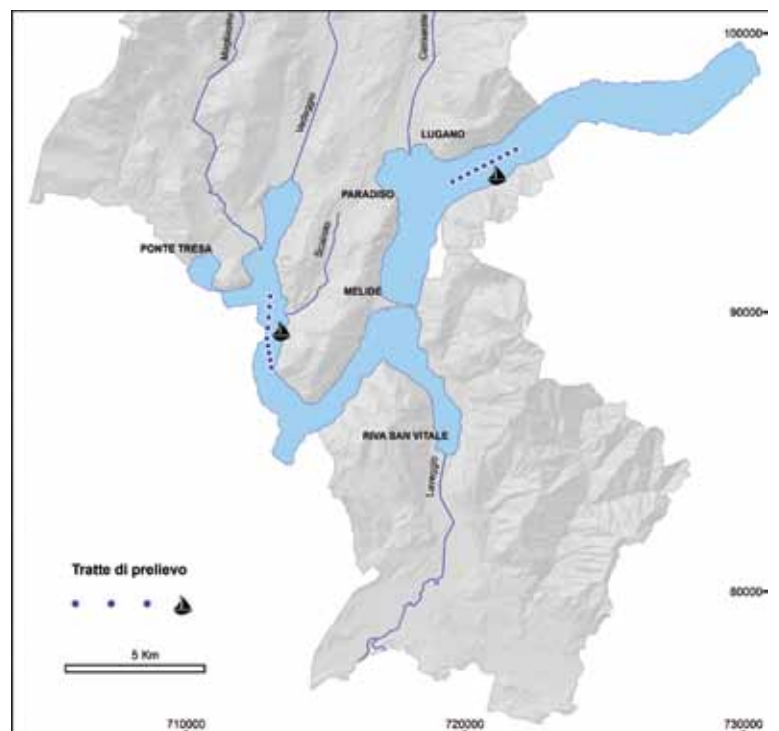
1. Il bacino Nord, tra il ponte-diga di Melide e Porlezza;
2. Il bacino Sud, che si estende da sotto il ponte-diga di Melide fino ad Agno;
3. Il piccolo bacino di Ponte Tresa.

Per ottenere risultati rappresentativi del lago è stato necessario considerare almeno una zona significativa per entrambi i principali bacini Nord e Sud (DT-SPAAS 2018).

Per poter realizzare un confronto sistematico con i laghi analizzati dall'EPFL, la raccolta delle microplastiche sulla superficie del Ceresio è avvenuta utilizzando la stessa rete di campionamento e i medesimi metodi di raccolta e analisi dei campioni già sfruttati dall'EPFL

F. 4

Tratte di raccolta percorse nel lago Ceresio, durante la primavera/estate 2018



Fonte: DT-SPAAS 2018

nel 2014 (Faure e De Alencastro 2014, Faure et al. 2015). La rete di campionamento è una rete 'Manta', dotata di una maglia di 0,3 mm e con una bocca di apertura di 60 cm di larghezza [F. 3]. Le tratte di raccolta percorse sono comprese tra 2 e 3,5 km, sia nel bacino Nord, che nel bacino Sud del lago [F. 4].

Raccomandazioni

- Evitare, nel limite del possibile, prodotti con imballaggi monouso in plastica. Questa raccomandazione riguarda anche gli imballaggi e i prodotti “usa e getta” in plastica biodegradabile, che nonostante la denominazione si degradano completamente, non di rado, solo a temperature elevate (>50°C) e difficilmente raggiungibili in natura (UNEP 2018). Di conseguenza, anche le bioplastiche derivanti da fonti rinnovabili (come per esempio dall’amido di mais o dalla canna da zucchero), il cui bilancio ecologico complessivo non è sistematicamente favorevole, vanno considerate con cautela.
- Evitare, laddove esistono alternative, prodotti “usa e getta” con plastica (per esempio piatti, bicchieri o posate, bastoncini per la pulizia delle orecchie o per mischiare le bevande, contenitori e sacchetti).
- Evitare l’uso di saponi, cosmetici e prodotti abrasivi con plastiche primarie (es. polietilene o polipropilene elencati nella lista degli ingredienti). I prodotti contenenti microplastiche possono essere facilmente identificati grazie all’App “Beat the Microbead”, promossa dalla Plastic Soup Foundation (<https://www.plasticsoupfoundation.org/>).
- Fare in modo di chiudere il ciclo dei rifiuti evitando in ogni caso il “littering” e prevenendo la dispersione nell’ambiente di rifiuti (per esempio: deposito intermedio di rifiuti coperto e protetto dagli agenti atmosferici).
- Mai gettare rifiuti, direttamente o indirettamente, attraverso tombini, lavandini o il gabinetto, nelle reti delle canalizzazioni per l’evacuazione o lo smaltimento delle acque.

T.2

Macro- e microplastiche considerate e catalogate dal Dipartimento del territorio durante la campagna di prelievo nel Ceresio nel 2018, secondo la tipologia

Frammenti	Degradazione di oggetti più grandi, plastiche non specifiche
Film	Imballaggi (es. sacchetti in plastica usa e getta, film alimentare)
Fili	Fili da pesca
Mousses	Sagex e Styropor
Granuli/Pellets	Materiali di base industriali
Fibre	Tessili sintetici
Biglie	Componenti di prodotti di consumo abrasivi (es. detersivi, esfolianti per la pulizia del corpo)
Altro	Altri oggetti (es. parti di mozziconi di sigarette, frammenti d’alluminio)

Sono stati effettuati in totale sei campionamenti per tratta navigata, tre nel mese di marzo e tre nel mese di maggio 2018. Dopo la raccolta, i campioni sono stati trasportati e analizzati in laboratorio; le microplastiche sono state separate dal resto del materiale presente nei campioni d’acqua per poi essere classificate visivamente in otto diverse categorie [T. 2]. La tipologia chimica delle microplastiche invece è stata individuata tramite spettroscopia infrarossa (FTIR).

Risultati

La presenza di plastiche nel Ceresio è certa e ubiquitaria. Le microplastiche sono state trovate in tutti i campioni analizzati e superano la media calcolata per i laghi svizzeri, sia in numero, sia in massa. Infatti, con una media di circa 0,2 micro particelle/m³, le concentrazioni di microplastiche nel Ceresio sono del tutto analoghe a quelle caratterizzate per il lago Maggiore, pari a circa il doppio rispetto alla media svizzera [T. 1]. Le elevate concentrazioni di microplastiche riscontrate nel Ceresio potrebbero essere riconducibili anche alla sua limitata superficie, che ne riduce la diluizione sullo specchio d’acqua. Non sono state notate particolari differenze nelle quantità di mi-

croplastiche prelevate nei bacini Nord e Sud del Ceresio [F. 4]. Vista anche una certa variabilità nei risultati di singoli prelievi, i valori medi discussi andrebbero in ogni caso confermati e consolidati con ulteriori analisi (DT-SPAAS 2018).

Le microplastiche raccolte sono state valutate statisticamente in funzione delle loro caratteristiche fisiche e chimiche.

I frammenti risultano il materiale più frequente. Le fibre sono anch’esse relativamente abbondanti e i film da imballaggi sono ben rappresentati all’interno delle microplastiche esaminate. Seguono i fili, le mousses, le biglie e i granuli. Questi ultimi sono numericamente ridotti rispetto alle altre classi, ma avendo un peso specifico maggiore risultano importanti nel confronto tra le diverse tipologie riscontrate [F. 5]. Questi risultati sono simili a quelli ritrovati in altri grandi laghi svizzeri (Faure e De Alencastro 2014) e suggeriscono che il maggior contributo all’inquinamento da microplastiche galleggianti sia da attribuire alla frammentazione di oggetti in plastica più grandi – categoria dei frammenti – con un importante contributo della categoria dei film (riconducibili agli imballaggi) e delle fibre. Queste ultime sono con tutta probabilità prodotte dal lavaggio domestico o industriale di

indumenti per essere poi dilavate e trasportate attraverso il ciclo delle acque o per trasporto atmosferico (Dris et al. 2015; Mani et al. 2015). Sono stati ritrovati quantitativi solo ridotti di biglie – aggiunte quali componenti all'interno di prodotti di consumo abrasivi (es. saponi e cosmetici) – e di mousses. Queste ultime, grazie alla loro notevole galleggibilità, si accumulano preferibilmente sulle rive e le spiagge lacustri. Infine, mentre la presenza dei fili è da attribuire con tutta probabilità alle attività di pesca, spiccano tra le microplastiche soppesate i granuli. Tali materiali di origine industriale sono verosimilmente da ricondurre a una gestione non impeccabile da parte di aziende attive nella produzione di materiali plastici, finiti o semilavorati.

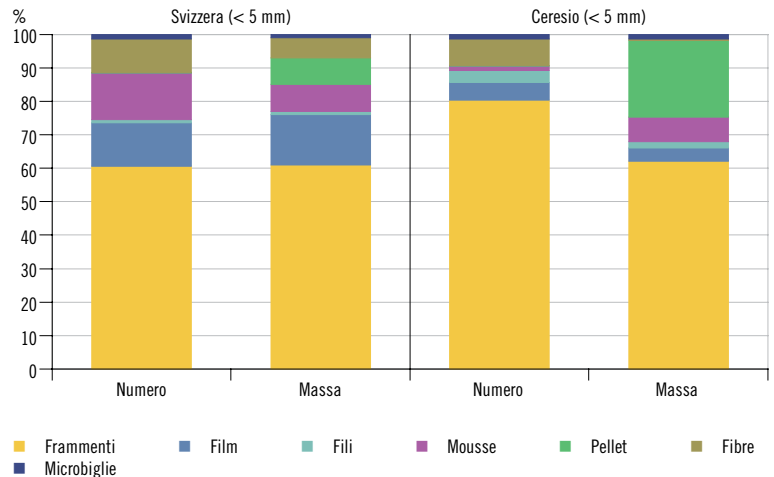
Per quel che riguarda la tipologia chimica delle microplastiche rilevate nel Ceresio, la maggior parte dei materiali individuati nell'analisi dei campioni è composta da polietilene (PE, 57% in totale). Si registrano anche quantitativi importanti di polipropilene (PP, 25%) e polistirene (PS, 11%) [F. 6]. I materiali più pesanti, come il PVC e il PET, non galleggiano sulla superficie dell'acqua, ma affondano, motivo per il quale non sono rilevabili nelle analisi di superficie (PlasticsEurope 2018). I risultati dell'analisi chimica sono coerenti con il quadro complessivo discusso finora: La maggior parte dei frammenti e dei film è risultata corrispondere a PE o, in misura inferiore, a PP mentre solo pochi frammenti si sono rivelati appartenere alla tipologia del PS. Per contro, le mousses sono quasi sempre di polistirene (DT-SPAAS 2018).

Conclusioni

Grazie allo studio realizzato dall'EPFL nel 2014 e all'analisi preliminare effettuata dal Dipartimento del territorio nel 2018, la presenza di microplastiche nei due principali laghi del Ticino è stata confermata e risulta ubiquitaria. Per entrambi i laghi ticinesi le concentrazioni medie di microplastiche di dimensioni comprese tra 0,3 e 5 mm (~0,2 microparticelle/m³) risultano doppie rispetto alla media nazionale, probabil-

F. 5

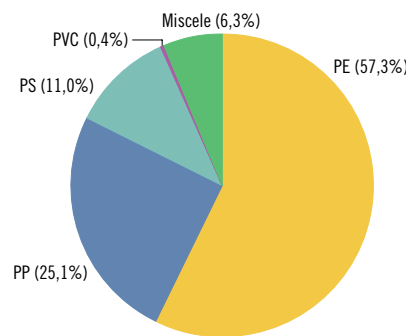
Microplastiche, frequenza media di ritrovamento (in %, per numero e massa), su diversi specchi d'acqua, in Svizzera e nel Ceresio



Fonti: EPFL 2014 e DT-SPAAS 2018

F. 6

Macro- e microplastiche, frequenza di ritrovamento (in %), secondo la tipologia, sulla superficie del lago Ceresio



Fonte: DT-SPAAS 2018

T. 3

Domanda di diversi tipi di polimeri, in Europa (EU28 con Norvegia e Svizzera), nel 2016

Nome e abbreviazione	Esempi d'impiego	Mercato %
PE HD (Polietilene ad alta densità)	Imballaggi, Tetra Pak, contenitori, oggetti diversi	12,3
PE LD (Polietilene a bassa densità)	Sacchetti, imballaggi leggeri, film	17,5
PP (Polipropilene)	Contenitori, componenti per automobili, oggetti vari	19,3
PS (Polistirene, Polistirene espanso)	Custodie, schiume Sagex / Styropor, confezioni	6,7
PET (Polietilene tereftalato)	Bottiglie e contenitori	7,4
PVC (Policloruro di vinile)	Tubi, materiali da costruzione diversi	10
Altri, ad esempio:		
PUR (Poliuretani)	Materiali isolanti, materassi	26,8
PC (Policarbonato)	CD, DVD, lastre e pannelli	
CA (Acetato di cellulosa)	Filtri di sigarette	
ABS (Acrilonitrile-butadiene-stirene)	Oggetti diversi (leggeri e rigidi in particolare)	
PTFE (Politetrafluoroetilene)	Rivestimenti per cavi nelle telecomunicazioni	

Fonte: PlasticsEurope 2018

mente anche a causa della loro superficie ridotta che limita la diluizione degli inquinanti sullo specchio d'acqua. La maggior parte di tali microplastiche sono di origine secondaria, derivanti dalla frammentazione di plastiche da oggetti più grandi, imballaggi e fibre tessili. Si tratta di microplastiche principalmente composte da polietilene (PE), polipropilene (PP) e polistirene

(PS), utilizzati generalmente per la produzione e il consumo di imballaggi, sacchetti, contenitori, componenti per automobili e schiume Sagex/Styropor [T. 3].

Secondo l'Ufficio federale dell'ambiente il rischio ambientale derivante dalla presenza di microplastiche nelle acque ai livelli qui descritti può essere considerato basso. La loro presenza nelle acque non può essere in ogni caso ignorata, completando la valutazione del rischio che presenta tutt'ora necessità di approfondimenti (ECHA 2019). Nel nostro Paese sono utilizzate ogni anno circa un milione di tonnellate di materiali plastici, pari a circa 100 kg pro capite. La quota più consistente è trattata come rifiuto, in parte riciclato, in parte combusto per produrre energia in impianti di termovalorizzazione dei rifiuti urbani o in cementifici. Le materie plastiche sono quindi per la stragrande maggioranza valorizzate dal punto di vista materiale o energetico. Purtroppo una piccola parte dei rifiuti plastici sfugge al processo di riciclaggio e valorizzazione, sia per comportamenti sbagliati, sia per perdite durante il trasporto o lo stoccaggio, per i fenomeni di usura o altro. A questi meccanismi vanno aggiunte le microplastiche primarie, che sono deliberatamente impiegate in prodotti di consumo dilavati nelle canalizzazioni, e quindi vengono parzialmente disperse nell'ambiente tramite le acque reflue (DT-SPAAS 2018).

Purtroppo a livello mondiale i quantitativi della produzione di plastiche sono tuttora in costante crescita (Limbach 2018). Questa tendenza segue l'aumento globale del prodotto interno lordo e la crescente sostituzione di prodotti e oggetti originariamente realizzati in altri materiali più costosi. Pertanto, un'efficace misura di miglioramento alla fonte sarebbe quella di promuovere la sostituzione di oggetti in plastica non indispensabili – in particolare quelli “usa e getta” – per i quali esistono valide alternative. Più in generale, accanto alle misure annunciate o richieste a livello europeo (ECHA 2019), provvedimenti che potrebbero essere valutati anche in Svizzera, le scelte e i comportamenti individuali rivestiranno anche per il futuro un'importanza centrale.

Bibliografia

Boucher, J. e Friot, D. (2017). *Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources*. Gland, Switzerland: IUCN.

Dipartimento del territorio – Sezione della protezione dell'aria dell'acqua e del suolo (DT-SPAAS) (2018). Studio sulla presenza di microplastiche nel lago Ceresio. Disponibile in: www.ti.ch/microplastiche

Dris, R.; Imhof, H.; Sanchez, W.; Gasperi, J.; Galgani, F.; Tassin, B. e Laforsch, C. (2015). Beyond the ocean: contamination of freshwater ecosystems with (micro-)plastic particles. *Environmental Chemistry*, 12(5), 539-550.

European Chemical Agency ECHA. (2019). *Annex XV restriction report – proposal for a restriction of intentionally added microplastics*. Rapporto disponibile alla pagina: www.echa.europa.eu.

European Commission (DG Environment) (2017). *Intentionally added microplastics in products. Final report*. Amec Foster Wheeler Environment & Infrastructure UK Limited.

Eerkes-Medrano, D.; Thompson, R. C. e Aldridge, D. C. (2015). Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water research*, 75 (2015), 63-82.

Faure, F. e de Alencastro, F.L. (2014). *Évaluation de la pollution par les plastiques dans les eaux de surface en Suisse. Rapport Final*. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) sur mandat de l'office fédéral de l'environnement (OFEV).

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

Hüglin, C.; Gianini, M. e Gehrig, R. (2012). *Chemische Zusammensetzung und Quellen von Feinstaub. Untersuchungen an ausgewählten NABEL-Standorten*. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).

Ivleva N. P.; Wiesheu A. C., e Niessner R. (2017). Microplastic in Aquatic Ecosystems, *Angewandte Chemie Int.*, 56, 1720-1739.

Lepori, F.; Pozzoni, M. e Bruder, A. (2017). Istituto scienze della Terra (IST-SUPSI) Ricerche sull'evoluzione del Lago di Lugano. Aspetti limnologici. Programma quinquennale 2016-2019. Campagna 2016. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 1-82. Rapporto disponibile alla pagina: www.cipais.org.

Limbach, M. (2018). *Nachrichten aus der Chemie*. 66 Vol., 334-335. GDCh.

Mani, T.; Hauk, A.; Walter, U. e Burkhardt-Holm, P. (2015). Microplastics profile along the Rhine River. *Nature Scientific Reports*, 5:17988.

PlasticsEurope (2018). *Plastics – the Facts 2017*. An analysis of European plastics production, demand and waste data. PlasticsEurope, Association of Plastics Manufacturers. Disponibile in: <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/274-plastics-facts-2017> (7 gennaio 2019).

Schäfer, A. (2015). Les microplastiques dans l'environnement – Fiche d'information. Centre Ecotox Lausanne. Disponibile in: www.centreecotox.ch.

Scheurer, M. e Bigalke, M. (2018). Microplastics in swiss floodplain soils. *Environ. Sci. Technol.*, 52(6), 3591–3598.

United Nations Environment Programme (UNEP) (2018). *SINGLE-USE PLASTICS: a roadmap for sustainability*.

Per saperne di più

www.ti.ch/microplastiche