



Società Italiana di Ecologia

# QUADERNO di ECOLOGIA

La scienza che aiuta

Terzo Volume



A cura del Consiglio Direttivo della Società Italiana di Ecologia

# QUADERNO di ECOLOGIA

## La scienza che aiuta

ISBN: 9791221002539

ISBN 979-12-210-0253-9



9 791221 002539

## INDICE

<b>Indice</b>	i
<b>Prefazione</b>	ii
di <i>Elisa Anna Fano e Antonio Pusceddu</i>	
<b>Invito alla lettura</b>	iii
di <i>Lisa Fanti</i>	
<b>La genesi di questo volume</b>	iv
di <i>Ilaria Corsi e Sara Villa</i>	
<b>Elenco degli autori ed affiliazione</b>	viii
<b>Mini-biografie delle curatrici</b>	ix
<b>CAPITOLO 1. Le sigarette e il pericolo per l'ambiente</b>	1
di <i>Sara Villa, Ilaria Corsi</i>	
<b>CAPITOLO 2. E-waste</b>	14
di <i>Camilla Della Torre</i>	
<b>CAPITOLO 3 Plastica dalla culla alla tomba</b>	25
di <i>Andrea Binelli, Stefano Magni</i>	
<b>CAPITOLO 4 Farmaci: uomo e ambiente</b>	45
di <i>Antonio Finizio</i>	
<b>CAPITOLO 5 I rifiuti marini nel Mar Mediterraneo</b>	60
di <i>Maria Cristina Fossi, Cristina Panti</i>	

**Illustrazioni e Grafica a cura di Elena Marotto ©**

## Prefazione

Con piacere vi presentiamo il terzo volume dei Quaderni di Ecologia, intitolato “La Scienza che aiuta”, dedicato ai più giovani che stanno crescendo, nella speranza che prendano piena consapevolezza del fatto che il mondo intorno a noi sta cambiando, per lo più per la nostra “distrazione nella sua cura”. In questo quaderno, edito per la prima volta con un linguaggio meno accademico, ci auguriamo che i messaggi proposti dagli autori permettano proprio ai ragazzi più giovani di individuare e perseguire nuovi comportamenti che, contrastando tutti quei gesti divenuti quotidiani che possono danneggiare la Biosfera, aiutino, invece, a favorirla.

Ringraziamo le colleghe e i colleghi che hanno fatto sì che il terzo volume abbia visto la luce, in ordine rigorosamente alfabetico: Andrea Binelli, Ilaria Corsi, Lisa Fanti, Antonio Finizio, Maria Cristina Fossi, Stefano Magni, Cristina Panti, Camilla della Torre, Sara Villa.

Buona lettura ai giovanissimi, ai giovani e ai meno giovani

**Elisa Anna Fano e Antonio Pusceddu**

## Invito alla lettura

Buongiorno ragazzi! Mi chiamo Lisa e sono una giovane neolaureata in giornalismo con tanta passione per l'ambiente. Come voi, anche io mi trovo oggi in compagnia di una domanda che mi frulla sempre in testa: "cosa possa fare io?". Cosa possiamo fare noi giovani per contribuire al cambiamento necessario che il nostro Pianeta invoca ogni giorno? La risposta che mi do è: "perché non partire da me?". Perché non partire dalle piccole azioni quotidiane che compongono le nostre giornate? Sono convinta che ognuno di noi possa fare la differenza grazie alla consapevolezza e alla conoscenza del proprio personale impatto sul mondo. Ed è per questo motivo che vi invito a leggere questo prezioso volume! In queste pagine troverete informazioni utili per poter alleggerire e rendere meno profonda la nostra impronta ambientale.

Non mi resta che augurarvi una buona lettura, con la speranza che questo volume possa essere un valido aiuto per tutti voi...ma, di questo, ne sono sicura!

**Lisa Fanti**

## La genesi di questo volume

Questo volume nasce con l'intento di far comprendere alle attuali giovani generazioni la complessa relazione tra uomo e ambiente. Le conseguenze negative del comportamento umano sull'ambiente naturale sono ad oggi sotto gli occhi di tutti e si stanno palesando in modo molto concreto e brutale non lasciando alcun margine di dubbio. In un contesto in cui il termine ecologia sta prendendo sempre più spazio nel discorso politico, sociale ed economico, ai giovani viene delegato il ruolo di protagonisti del cambiamento futuro. I primi passi sono già importanti: a Milano, il 26 ottobre 2021, durante la COP26 è stato lanciato lo "Youth4Climate Manifesto", il primo manifesto dei giovani per contrastare il cambiamento climatico.

Sono proprio i giovani ad invocare a gran voce una trasformazione, a premere affinché si acquisisca sempre più consapevolezza, a voler raccogliere quella complessa sfida ignorata dalle generazioni precedenti. Si assiste a una vera e propria corsa contro il tempo: gli obiettivi sono davvero ambiziosi, ma fondamentali. Se, da una parte, i governi studiano manovre economiche e soluzioni tecnologiche per contrastare l'inesorabile conto che la natura rimette all'uomo dopo anni di sfruttamento del pianeta, dall'altra i giovani chiedono a gran voce di portare a termine la missione più difficile: agire ora per salvare il mondo.

È necessario che il cambiamento non provenga solamente da normative e proposte politiche, ma che soprattutto arrivi dalle scelte consapevoli di ciascuno e a livello globale. Le nuove generazioni possono contribuire dando il migliore degli esempi, agendo virtuosamente per la creazione di un futuro possibile per tutti e sensibilizzando l'opinione pubblica, ancora sorda al grido di aiuto che il pianeta ci lancia.

La coscienza ambientale e il tema dell'ambientalismo non sono proprio recenti come concetti... anzi! Già in epoca greca classica si leggono testimonianze scritte in cui l'uomo viene ammonito a rispettare la natura. Il drammaturgo Eschilo, narrando le imprese del re Serse e il suo desiderio di dominare la forza del mare costruendo un ponte di barche sull'Ellesponto, sottolinea l'importanza di preservare l'ambiente naturale e invita il lettore a prestare attenzione a ciò che lo circonda. Con San Francesco d'Assisi poi, ne "Il Cantico delle Creature" (prima metà del XII secolo), la natura viene posta nello stesso ordine gerarchico dell'uomo: cosa ben distante dalla visione attuale...! Il sole diviene fratello, la luna e le stelle sorelle. Oltreoceano la lettera di Toro Seduto nel 1855 al presidente degli



Stati Uniti invita ad abbracciare almeno in parte la cultura di rispetto nei confronti dell'ambiente che gli Indiani d'America possedevano. In Oriente, poi, sono numerosissime le correnti che, ancora oggi, vedono nel rapporto con la natura un caposaldo della vita spirituale e della conoscenza di sé stessi.

Sebbene la storia insegni la necessità della comunione tra uomo e ambiente, solo a partire dagli anni '60 si è assistito alla nascita di veri e propri movimenti ambientalisti.

Dall'ornitologo William Vogt (1902-1968), considerato il padre dell'ambientalismo americano, alla naturalista Rachel Carson (1907-1960) con il suo libro "Primavera Silenziosa", sono molte le figure che hanno contribuito ad una presa di coscienza degli effetti devastanti sulle risorse naturali conseguenti ad attività umane. Questa nuova consapevolezza ha portato, soprattutto nell'ultimo ventennio, ad azioni concrete sia dal punto di vista governativo, sia dal punto di vista economico. Uomini politici, come lo statunitense Al Gore, hanno fatto della salvaguardia dell'ambiente la propria missione e hanno fortemente contribuito alla metamorfosi delle politiche economiche in atto. In Europa, nel 2021, è stata varata la riforma nota come *Green Deal* e gli obiettivi di sviluppo sostenibile, *Sustainable Development Goals* (SDGs), hanno rappresentato un altro importante traguardo nelle politiche ambientali portato avanti dalle Nazioni Unite e sono stati condivisi a livello mondiale da moltissimi paesi. In Italia, solo nel 2022, la Costituzione è stata oggetto di cambiamento con l'introduzione nell'art. 9 della tutela dell'ambiente, della biodiversità e degli ecosistemi come principio fondamentale per tutelare le generazioni future. Inoltre, è stato modificato l'art. 41 nel quale si afferma che lo sviluppo economico non debba arrecare danno all'ambiente. Mentre le politiche per contrastare le cause del cambiamento climatico sembrano avere trovato finalmente terreno fertile, esistono però ancora numerose forme di impatto ambientale legato alle attività umane per le quali è necessario sensibilizzare l'opinione pubblica e far conoscere i risultati della scienza. Da questo intento è nata l'idea di questo volume dedicato alle giovani generazioni. Grazie al prezioso contributo di Lisa Fanti, è stato realizzato un questionario, somministrato a circa 400 studenti di scuola secondaria di secondo grado con vario indirizzo, per selezionare gli argomenti di maggiore interesse utili alla trattazione dei temi di ecologia ed ecotossicologia contenuti in questo volume. Ciascun capitolo nasce dalla selezione dei temi suggeriti dagli studenti consultati dando modo alle curatrici di delineare una linea di lavoro per la produzione di un libro innovativo sia dal punto di vista contenutistico che metodologico.

Grazie al prezioso contributo di Elena Marotto curatrice dell'intera veste grafica del volume è stata sviluppata un'attenta ricerca finalizzata ad avvicinare i destinatari ai temi proposti. Le immagini sono state studiate per aiutare gli studenti a ritrovare nella quotidianità esempi di problematiche ambientali. La stessa copertina del sondaggio è stata realizzata proprio ad immagine di lettori adolescenti che osservano da un dispositivo elettronico un mondo che cambia ma che loro stessi possono cambiare.

**Ilaria Corsi e Sara Villa**





Come si è evoluta l'immagine iniziale del progetto. Curiosità dal mondo dell'illustrazione!

Personaggi che alcune volte compaiono nel libro e fanno compagnia durante la lettura!



Sasha

Lukas

Andrea

Marco

## Elenco autori ed affiliazione

### **Andrea Binelli**

Professore Ordinario in Ecologia  
Dipartimento di Bioscienze  
Università degli Studi di Milano  
Via Celoria 26, 20133  
Milano  
e-mail: andrea.binelli@unimi.it

### **Camilla Della Torre**

Professore Associato in Ecologia  
Dipartimento di Bioscienze  
Università degli Studi di Milano  
Via Celoria 26, 20133  
Milano  
e-mail: camilla.dellatorre@unimi.it

### **Antonio Finizio**

Professore Ordinario in Ecologia  
Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra  
Università degli Studi di Milano-Bicocca  
Piazza della Scienza, 1-20126  
Milano  
e-mail: antonio.finizio@unimib.it

### **Maria Cristina Fossi**

Professore Ordinario in Ecologia  
Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente  
Università degli Studi di Siena  
Via Mattioli, 4-53100  
Siena  
e-mail: mariacristina.fossi@unisi.it

### **Stefano Magni**

Ricercatore in Ecologia  
Dipartimento di Bioscienze  
Università degli Studi di Milano  
Via Celoria 26, 20133  
Milano  
e-mail: stefano.magni@unimi.it

### **Cristina Panti**

Ricercatore a tempo determinato in Ecologia  
Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente  
Università degli Studi di Siena  
Via Mattioli, 4-53100  
Siena  
e-mail: panti4@unisi.it

## MINI-BIOGRAFIE DELLE CURATRICI



### SARA VILLA

Professore Associato in Ecologia all'Università degli Studi di Milano-Bicocca. Mamma di due adolescenti, da sempre appassionata di trekking in montagna e della sosta mangereccia nei rifugi!

Info: <https://www.unimib.it/sara-villa>

Contatto: [sara.villa@unimib.it](mailto:sara.villa@unimib.it)



### ILARIA CORSI

Professore Associato in Ecologia all'Università degli Studi di Siena. Mamma di tre adolescenti e amante del mare e del relax che le dona!

Info: <https://docenti.unisi.it/it/corsi-0>

Contatto: [ilaria.corsi@unisi.it](mailto:ilaria.corsi@unisi.it)



### ELENA MAROTTO

Studentessa magistrale in Ecotossicologia e Sostenibilità Ambientale all'Università degli Studi di Siena. Diplomata in illustrazione alla Scuola di Comics di Firenze. Legge e disegna sempre in compagnia di una buona tazza di tè!

Info: [linkedin.com/in/elena-marotto-40ab85258](https://www.linkedin.com/in/elena-marotto-40ab85258)

Contatto: [marottoele@gmail.com](mailto:marottoele@gmail.com)



### LISA FANTI

Laureata in Giornalismo all'Università degli Studi di Parma e Junior Editor per la casa editrice Dalcò Edizioni. Appassionata di moda eco-sostenibile e delle altezze, l'arrampicata sportiva le dà il brivido che cerca nella vita!

Info: [linkedin.com/in/lisa-fanti-074234206](https://www.linkedin.com/in/lisa-fanti-074234206)

Contatto: [fantilisa98@gmail.com](mailto:fantilisa98@gmail.com)



# CAPITOLO 1. Le sigarette e il pericolo per l'ambiente



Sara Villa e Ilaria Corsi



## **CAPITOLO 1. Le sigarette e il pericolo per l'ambiente**

*Fumano i vulcani, le ciminiere delle fabbriche e i camini delle case, gli aerei e le navi, gli uomini e le donne (ancora troppi per la verità), per non parlare delle bombe e degli incendi dolosi e non. Sembra che tutto il mondo vada in fumo. Da anni, ormai, l'avvertimento è chiaro e diretto anche ai fumatori.*

È scritto sulle scatole delle sigarette: *“Il fumo uccide, danneggia gravemente te e chi ti sta accanto, ostruisce le arterie e provoca infarto e ictus.....”*. Per la medicina che se ne occupa, per la salute pubblica e per la vasta platea dei fumatori non ci sono più dubbi sugli effetti deleteri del fumo: 7 milioni di fumatori muoiono ogni anno al mondo per le malattie provocate dalla nicotina e dalle sostanze che compongono le sigarette. E per non parlare del fumo passivo... È l'ambiente a soffrirne in maniera tragica, sul pianeta che noi oggi stiamo preparando agli uomini e alle donne del futuro prossimo. A loro il compito di smaltire, per colpa di molti, il veleno accumulato in questi ultimi secoli.

Tentiamo ora di analizzare la storia del fumo, dalla produzione del tabacco, alla manifattura della sigaretta e dell'imballaggio, fino al prodotto finale come rifiuto (mozzicone di sigaretta e imballaggio), e l'impatto che ciascuna di queste attività ha sull'ambiente naturale.

I danni all'ambiente possono essere generati in vari momenti partendo dalla coltivazione della pianta del tabacco fino al consumo della sigaretta. In particolare, possiamo distinguere sei momenti diversi, così caratterizzati:

### **1. Impatti agricoli legati alla coltivazione delle piante del tabacco**

Uso del suolo, dell'acqua, di pesticidi, nonché la deforestazione dovuta a disboscamento.

### **2. Lavorazione delle foglie di tabacco**

Deforestazione per far fronte alla richiesta di legno per stagionare le foglie di tabacco.

### **3. Produzione di sigarette e altri prodotti del tabacco**

Emissione di gas serra e altri rifiuti chimici associati alla produzione della sigaretta inclusi la carta e l'acetato di cellulosa per il filtro.

### **4. Trasporto di prodotti del tabacco e distribuzione**

Emissione di gas serra.

### **5. Consumo di sigarette**

Rilascio di sostanze tossiche nell'ambiente in seguito alla combustione del tabacco.

## 6. Smaltimento dei rifiuti

Rilascio di sostanze tossiche dalle confezioni per imballaggio (film plastico esterno e carta interno) e di mozziconi, che possono contenere diossine, idrocarburi policiclici aromatici, metalli pesanti. Alcuni di questi componenti sono cancerogeni.

## 1. Gli impatti della coltivazione e della lavorazione delle foglie di tabacco sull'ambiente e sull'uomo

Il tabacco viene coltivato principalmente in Cina, Brasile e India, stati che coprono oltre il 60% della produzione mondiale.



La *Nicotiana tabacum*, pianta del tabacco, è una specie vegetale spesso coltivata senza rotazione in associazione con altre colture o come monocoltura, sebbene quest'ultima favorisca la vulnerabilità della pianta da parte di una ampia varietà di parassiti e di malattie. Per controllare i focolai di entrambi, e per proteggere la produttività agricola, è necessario un utilizzo massiccio di pesticidi, ovvero di sostanze chimiche letali per insetti, erbe infestanti e funghi e fumiganti, nonché di regolatori, di inibitori della crescita e infine di



agenti di maturazione. La maggior parte di queste sostanze chimiche ha effetti indesiderati sull'ambiente poiché colpisce organismi non bersaglio ovvero non destinatari del trattamento. La loro pericolosità è stata dimostrata anche per gli stessi agricoltori: l'uso è infatti regolamentato in alcuni paesi inclusi quelli europei.



Ad aumentare la pericolosità di queste sostanze, nei paesi a basso e medio reddito, pesticidi e inibitori della crescita vengono solitamente applicati dagli operai agricoli con spruzzatori manuali o a zaino, senza l'uso di dispositivi di protezione individuale necessari. In tal modo viene resa più probabile l'esposizione della pelle e delle vie respiratorie alle sostanze chimiche tossiche.

Le piante di tabacco richiedono più azoto, fosforo e potassio rispetto ad altre importanti colture agrarie da reddito, il che significa che il tabacco esaurisce la fertilità del suolo più rapidamente. Al fine di evitare la perdita di fertilità, si fa uso intensivo di fertilizzanti chimici. A ciò si aggiungono altre pratiche agricole progettate per ottenere rese fogliari e livelli di nicotina elevati tra le quali "*topping*", in cui la parte superiore del raccolto viene rimossa per evitare la formazione di semi e la dispersione sul terreno, e "*desuckering*", dove vengono rimosse le gemme laterali. Tali interventi concorrono all'impoverimento del suolo.



## 2. Deforestazione, erosione del suolo e perdita di biodiversità in conseguenza della lavorazione delle foglie di tabacco

La coltivazione e la cura del tabacco sono entrambe cause dirette della deforestazione, poiché le foreste vengono disboscate per far spazio alle piantagioni di tabacco, e il legno viene bruciato per lavorare le foglie al fine di trasformarle in un prodotto adatto ad essere consumato. Si stima che occorrono circa 11,4 milioni di tonnellate di legno all'anno per la concia del tabacco, e dopo che il tabacco è stato prodotto, è necessario altro legno per creare carta per le sigarette e i loro pacchetti. Dagli anni '70 ad oggi è stato calcolato che circa 1,5 miliardi di ettari di foreste (principalmente tropicali) siano andate perdute in tutto il mondo contribuendo fino al 20% dell'aumento annuo dei gas serra. La deforestazione è una delle principali cause dell'emissione di CO<sub>2</sub> e conseguentemente del cambiamento climatico. La perdita di biodiversità, in parte legata alla pratica della monocoltura, è un'altra conseguenza della coltivazione del tabacco, in aggiunta alla frammentazione degli habitat che distrugge ecosistemi e mette a rischio la sopravvivenza delle specie che li popolano. Se si paragona l'impatto sulla biodiversità della coltivazione del tabacco rispetto ad altre colture agrarie (es. mais), questa risulta senza dubbio la più "aggressiva" in termini di impatto negativo sugli ecosistemi. In Brasile, secondo produttore mondiale di foglie di tabacco, la coltivazione di quest'ultimo è la principale responsabile dell'uso del suolo con conseguente perdita di vegetazione. Il miglioramento della tecnologia di concia, restrizioni legislative e la coltivazione di piante esotiche hanno ridotto la perdita a circa 6000 ettari all'anno negli anni '90. Nel complesso, la coltivazione del tabacco nel sud del Brasile ha contribuito alla riduzione della copertura forestale autoctona a meno del 2% della sua estensione originaria. L'impatto negativo delle coltivazioni di tabacco è anche associato al degrado del suolo sotto forma di erosione (essendo piantato come monocoltura, lascia il suolo scarsamente protetto da vento e acqua), di ridotta fertilità e produttività e con conseguenze sull'alterazione del ciclo dell'acqua.



### 3. Produzione di sigarette e altri prodotti del tabacco

L'industria del tabacco emette tanta CO<sub>2</sub> quanto alcuni interi paesi e causa enormi danni agli ecosistemi ([Zafeiridou et al. 2018](#)). Gli effetti indiretti della produzione di tabacco includono le emissioni di gas serra legate alla deforestazione e al cambiamento dell'uso del suolo agricolo. Durante il XX secolo, solo nella Tanzania orientale, le colture come tabacco e mais hanno sostituito il 74% delle foreste (2,8 milioni di ettari). Nello Zimbabwe e in altri importanti paesi produttori di tabacco, in particolare in Cina, una tendenza crescente tra alcuni agricoltori a utilizzare il carbone invece del legno per la stagionatura ha contribuito a limitare la deforestazione, ma tale cambio non aiuta a risolvere i problemi del cambiamento climatico perché causa l'aumento della CO<sub>2</sub>.

### 4. Costi ambientali legati alla lavorazione del tabacco ed al trasporto dei prodotti

L'inquinamento derivante dalla produzione e dal trasporto del tabacco e dei prodotti ha destato fino ad oggi scarsa attenzione, nonostante rappresenti una delle maggiori fonti di inquinamento ambientale. Nel 1995, si è stimato che i costi ambientali globali annuali per la produzione del tabacco comprendevano 2 milioni di tonnellate di rifiuti solidi, 300000 tonnellate di rifiuti contaminati da nicotina e 200000 tonnellate di rifiuti chimici ([Lee et al. 2016](#)).

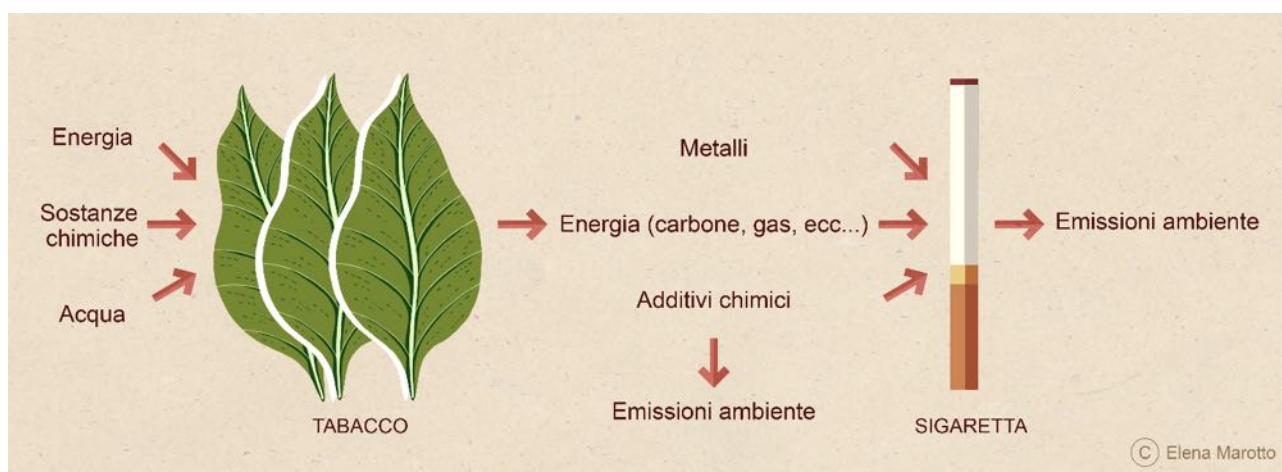
Nel tentativo di rispondere alle pressioni dell'opinione pubblica, le multinazionali del tabacco hanno iniziato ad autodenunciare i dati sui danni ambientali, ammettendo che la

sua produzione è la fase più dannosa per l'ambiente. Le compagnie transnazionali del tabacco riportano dati di base come quelli sulla CO<sub>2</sub> annuale emessa, uso dell'acqua, acque reflue prodotte, tonnellaggio di rifiuti solidi conferiti in discarica, percentuale di rifiuti riciclati e tonnellaggio di rifiuti pericolosi.

Alcuni dei costi ambientali più elevati di un solo prodotto del tabacco, le sigarette, derivano dalla grande quantità di energia, acqua e altre risorse utilizzate nella loro fabbricazione e nella raccolta dei rifiuti generati da questo processo.

Pur non essendo un elenco esaustivo, questi costi includono:

- uso di sostanze chimiche utilizzate ad es. nella preparazione e trattamento della foglia di tabacco;
- uso di metalli coinvolti nella produzione e spedizione di macchine per la produzione di sigarette;
- energia utilizzata per la produzione e distribuzione di prodotti del tabacco (carbone, gas, ecc.);
- uso e smaltimento della pasta di legno nonché dei residui della fabbricazione di carta per sigarette e imballaggi;
- energia richiesta e scarti prodotti dall'estrazione, dall'estrusione nonché dalla lavorazione dei filtri di acetato di cellulosa;
- smaltimento di tutti gli scarti del processo di fabbricazione delle sigarette;
- uso di migliaia di additivi chimici, inclusi aromi e modificatori di pH come l'ammoniaca;
- energia utilizzata per la produzione e il rifornimento di camion, navi e aerei per il trasporto di prodotti del tabacco e di impianti di produzione ai rivenditori.



## 5. Consumo di sigarette nel mondo e nella città di Milano

I residui tossici del fumo di tabacco permangono nell'ambiente. Il fumo di tabacco inquina gli ambienti interni ed esterni e rimane una fonte pervasiva e persistente di sostanze tossiche molto tempo dopo che la sigaretta si è spenta. Si stima che nel 2012 circa 967 milioni di fumatori giornalieri consumavano circa 6,25 trilioni di sigarette in tutto il mondo. Se si calcola il numero dei mozziconi prodotti e generalmente gettati in ambiente come rifiuto senza adeguato conferimento, solo in Italia si è calcolato un valore pari a 14 miliardi di mozziconi di sigaretta all'anno. Ogni anno Milano produce 80 tonnellate di mozziconi di sigaretta che impiegano più di due anni per decomporsi naturalmente. Secondo un'indagine del 2017 condotta da Doxa (la più importante società italiana di ricerche di mercato), il 19% dei milanesi fuma in media 9,9 sigarette al giorno. Una stima più recente del 2021 sempre secondo Doxa, vede i mozziconi di sigaretta al 1° posto tra i rifiuti più ritrovati nei mari.

A Milano ogni giorno vengono prodotti più di 4 milioni di mozziconi di sigaretta, di cui si stima che almeno il 25% venga gettato a terra: ovvero oltre 1 milione ogni giorno. Le aree maggiormente interessate dal fenomeno sono le fermate dei mezzi pubblici (37%), le vie dello shopping (24%), le zone intorno alle panchine delle aree verdi di Milano (17%), gli incroci semaforici (10%), le strade pedonali (8%) e gli ingressi delle scuole (4%).

Il fenomeno del lancio del mozzicone di sigaretta a terra è spesso percepito dal fumatore come un'azione apparentemente insignificante in quanto vi è una diffusa scarsa percezione dell'inquinamento prodotto da questo rifiuto e del relativo danno ambientale. Vi è inoltre una generale tolleranza verso questo tipo di rifiuti, che in alcuni casi non è considerato grave come quello relativo ad altre tipologie di maggiori dimensioni o di elevata tossicità. Negli anni questo fenomeno è diventato sempre più frequente ed esasperato anche a causa del divieto di fumare nei locali chiusi.

Il principale problema ambientale è la lotta al *littering* inteso come abbandono di rifiuti nei luoghi pubblici (spiagge, strade, parchi, stazioni etc.). In Italia la Legge 221/15, infatti, ha introdotto nel testo unico ambientale ([D.lgs. 3 aprile 2006, n.152](#)) una disciplina specifica per contrastare il *littering*. In particolare, si concentra sulla gestione dei mozziconi di sigaretta, richiedendo ai Comuni l'installazione di appositi cassonetti per questa tipologia di rifiuti e incoraggiando i produttori, in collaborazione con il Ministero dell'Ambiente, a realizzare campagne di informazione e sensibilizzazione dei consumatori. Questo intervento legislativo si è reso necessario perché il fenomeno del *littering*, legato in particolare ai mozziconi di sigaretta, è molto significativo. Infatti, da un'indagine condotta dall'AICA (Associazione Internazionale per la Comunicazione Ambientale) è emerso che mozziconi di sigaretta e prodotti da fumo sono i rifiuti più diffusi e frequentemente dispersi



nell'ambiente dagli italiani, in quanto pratica altamente interiorizzata e tollerata. Si stima che più di 70 fumatori su 100 lasciano i mozziconi di sigaretta nell'ambiente, senza usare posacenere o bidoni.

Da un'analisi condotta dalla Onlus Marevivo, è emerso che nel Mar Mediterraneo i mozziconi rappresentano il 40% dei rifiuti e, data la loro non biodegradabilità, diventano microplastiche che rimangono in mare con conseguenze dannose per l'ambiente e la biodiversità (<https://marevivo.it/attivita/inquinamento/piccoli-gesti-grandi-crimini/#:~:text=Nel%20Mediterraneo%2C%20infatti%2C%20i%20mozziconi,stat%20raccolti%205%20milioni%20di>). Infatti, la sua elevata diffusione, la presenza di microinquinanti (idrocarburi policiclici aromatici - IPA e metalli) e la bassa biodegradabilità dell'acetato di cellulosa, che costituisce il filtro, rendono questo rifiuto estremamente impattante per l'ambiente. Per contrastare i fenomeni di *littering*, in particolare con riferimento ai mozziconi di sigaretta e ai prodotti da fumo, sono state poste in essere diverse attività di comunicazione e sensibilizzazione della società per aumentare l'attenzione pubblica sull'emergenza globale del *littering* e per stimolare l'adozione di comportamenti più sostenibili.



## 6. Smaltimento dei rifiuti

I mozziconi inquinano l'ambiente. Perché devo buttare le sigarette nel cestino o nella raccolta differenziata?

L'abbandono dei mozziconi di sigaretta ha gravi conseguenze dirette poiché provoca degrado e danni estetici all'ambiente, effetti sulla qualità della vita, nonché elevati costi diretti della pulizia urbana che nel complesso incidono negativamente sull'immagine e sulla reputazione di una città. In particolare, la gestione del *littering* comporta costi aggiuntivi rispetto alla normale raccolta dei rifiuti urbani e della pulizia urbana. L'entità di tali costi non è nota con precisione, ma si aggira da 2 a 20 €/persona all'anno.

È noto che i filtri per sigarette e i prodotti da fumo rappresentano un grave problema ambientale anche perché tossici e pericolosi. Il pericolo ambientale è generato dalla presenza di residui di sostanze tossiche come idrocarburi policiclici aromatici, metalli pesanti, pesticidi e nicotina presenti nel tabacco, che vengono trattenuti dal filtro scartato con il mozzicone. A seguito di eventi piovosi, queste sostanze possono essere liscivate dai mozziconi e contaminare suoli e/o corpi idrici superficiali. Studi ecotossicologici (Oliva et al., 2021) hanno rivelato che le sostanze chimiche rilasciate dai mozziconi sono altamente tossiche per gli organismi acquatici tra cui nicotina ed etilfenolo. La riduzione della presenza di questi rifiuti avrà quindi un impatto positivo anche sulla qualità dell'ambiente e degli ecosistemi.



## 7. Buone notizie dal mondo della ricerca scientifica!

Negli ultimi dieci anni è notevolmente aumentata la ricerca nazionale e internazionale nel campo del riutilizzo e del riciclaggio dei mozziconi di sigaretta usati. La spinta alla ricerca è dovuta al fatto che circa il 95% di questi rifiuti è potenzialmente costituito da microscopiche fibre di acetato di cellulosa che, componente principale del filtro, è considerato una

materia prima derivante da fonti rinnovabili. Attualmente è utilizzato per diverse filiere produttive di materiali polimerici, in sostituzione di materie prime di origine fossile. Per utilizzare l'acetato di cellulosa dai mozziconi di sigaretta, però, sarebbe necessario prevedere una raccolta differenziata di questo tipo di rifiuti. Ad oggi, in Italia, gli esempi di raccolta selettiva di mozziconi di sigaretta mediante appositi contenitori stradali sono pochi e generalmente limitati alla sola prevenzione del fenomeno del *littering*. Ad esempio, a Crema nel 2019 sono state collocati cinque cestini speciali (chiamati cestini-sondaggio) per la raccolta dei mozziconi in alcune zone strategiche della città; a Cesena sono stati collocati nei giardini e nelle zone centrali alcuni posacenere salva-ambiente contro il degrado urbano. A Milano sono già oltre 23.000 i cestini per le strade e le aree verdi della città dotate di posacenere che saranno potenzialmente adattabili a una raccolta differenziata dei rifiuti da fumo, primo passo necessario per riciclare i mozziconi di sigaretta.

Le proiezioni di mercato indicano un aumento da 3,61 miliardi di dollari nel 2016 a 4,87 miliardi di dollari nel 2022 nel volume della produzione di acetato di cellulosa (<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cellulose-acetate-market-1193.htm>). Pertanto, dal punto di vista dell'economia circolare, l'utilizzo dei mozziconi di sigaretta risulta particolarmente interessante.



La coltivazione e la stagionatura del tabacco fanno parte di una delle attività agricole più dannose per l'ambiente nei paesi a basso e medio reddito.

La produzione in molti di questi paesi è aumentata nel tempo.

Sebbene la coltivazione del tabacco possa apportare alcuni benefici economici agli agricoltori e alle comunità locali, questi sono annullati da impatti ambientali elevati associati alla perdita di risorse preziose come foreste, piante e specie animali, all'aumento dell'emissione di anidride carbonica aggravando i problemi del cambiamento climatico e problemi di salute tra gli agricoltori che manipolano i prodotti chimici coinvolti nel processo. A causa dei cambiamenti nella produzione e nella disponibilità dei terreni, questo impatto ricade sempre più sui Paesi con redditi pro capite bassi e medi.

I rifiuti prodotti dal consumo di tabacco generano impatto ambientale.

I mozziconi di sigaretta sono i principali inquinanti (*littering*) sia nelle città che nelle aree naturali (es. spiagge).

### Che cosa puoi fare tu?

#### **Non fumare, ma se proprio non riesci butta il mozzicone di sigaretta nel cestino!**

La raccolta selettiva dei prodotti da fumo mira a ridurre il fenomeno del *littering* e in generale gli impatti negativi a livello ambientale, economico e sociale.

La mancanza di dati sui costi ambientali del tabacco senza combustione (tipo IQOS) e delle sigarette elettroniche non vuol dire che questi prodotti sono ad impatto ZERO né per l'ambiente né per la tua salute (<https://www.airc.it/cancro/informazioni-tumori/corretta-informazione/sigaretta-a-riscaldamento-di-tabacco>).

## Bibliografia e sitografia

Lee, K., Carrillo Botero, N. & Novotny, T. (2016). Manage and mitigate punitive regulatory measures, enhance the corporate image, influence public policy': industry efforts to shape understanding of tobacco-attributable deforestation. *Global Health* 12, 55.

<https://doi.org/10.1186/s12992-016-0192-6>

Oliva M., De Marchi L., Cuccaro A., Pretti C. (2021). Bioassay-based ecotoxicological investigation on marine and freshwater impact of cigarette butt littering.

*Environmental Pollution* 288, 117787. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117787>

Zafeiridou M., Hopkinson N.S., Voulvoulis N. (2018). Cigarette Smoking: An Assessment of Tobacco's Global Environmental Footprint Across Its Entire Supply Chain.

*Environmental Science and Technology*, 52, 8087-8094.

<https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01533>

Decreto Legislativo (D. lgs.) 3 aprile 2006, n.152,

<https://www.gazzettaufficiale.it/dettaglio/codici/materiaAmbientale>

[https://marevivo.it/attivita/inquinamento/piccoli-gesti-grandi-](https://marevivo.it/attivita/inquinamento/piccoli-gesti-grandi-crimini/#:~:text=Nel%20Mediterraneo%2C%20infatti%2C%20i%20mozziconi,stat%20raccolti%205%20milioni%20di)

[crimini/#:~:text=Nel%20Mediterraneo%2C%20infatti%2C%20i%20mozziconi,stat%20raccolti%205%20milioni%20di](https://marevivo.it/attivita/inquinamento/piccoli-gesti-grandi-crimini/#:~:text=Nel%20Mediterraneo%2C%20infatti%2C%20i%20mozziconi,stat%20raccolti%205%20milioni%20di)

<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/cellulose-acetate-market-1193.htm>

<https://www.airc.it/cancro/informazioni-tumori/corretta-informazione/sigaretta-a-riscaldamento-di-tabacco>

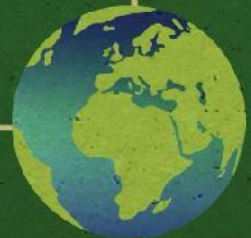


# CAPITOLO 2. E-Waste

Camilla della Torre

GAME OVER

YOU WIN!



## 1. La tecnologia ha anche un impatto sull'ambiente non sempre positivo

*Smartphone, tablet, laptop* sono diventati gli oggetti che teniamo tra le mani per più tempo nell'arco della giornata. In pochissimi anni si sono trasformati da oggetti avveniristici a compagni necessari e insostituibili della nostra quotidianità, al punto che le attuali previsioni stimano che il numero di dispositivi connessi a Internet raggiungerà a breve i 25-50 miliardi, cioè all'incirca il triplo dell'attuale popolazione mondiale. A questi si aggiungono tutti gli altri oggetti di largo utilizzo, che per il loro funzionamento dipendono dall'energia elettrica, come elettrodomestici di grandi e piccole dimensioni, climatizzatori, videogiochi, televisori e apparecchi di illuminazione. Questa tecnologia ha innegabilmente migliorato la qualità della nostra vita, tuttavia, è crescente la consapevolezza che ci sia un rovescio della medaglia, in quanto i processi di produzione, l'utilizzo e lo smaltimento generano significative ricadute ambientali, in termini di consumo di risorse naturali, di emissione di gas serra e di rilascio di sostanze inquinanti e tossiche per gli organismi naturali, uomo incluso.

Sebbene riconosciamo alla tecnologia innumerevoli vantaggi, è quanto mai necessario iniziare a osservarla da una prospettiva diversa, che ci permetta di acquisire consapevolezza su alcuni aspetti importanti legati alla produzione, all'uso e allo smaltimento dei nuovi prodotti.

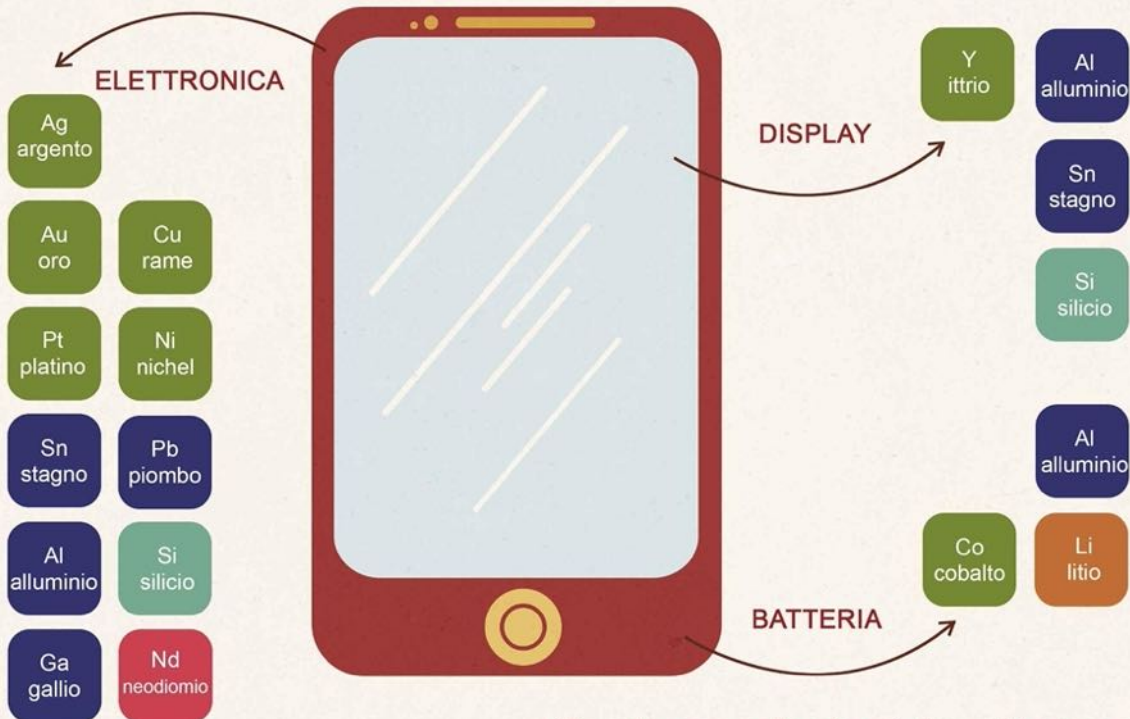
## 2. Ti sei mai chiesto di cosa sono fatti gli apparecchi tecnologici che usi tutti i giorni?

Da un semplice esperimento condotto da due ricercatori dell'Università di Plymouth nel Regno Unito consistente nel polverizzare uno smartphone per analizzarne il contenuto (<https://www.plymouth.ac.uk/news/scientists-use-a-blender-to-reveal-whats-in-our-smartphones>) è emerso che solo nell'involucro di plastica e dietro lo schermo, si trovano circa 30 elementi chimici tra cui oro, argento, platino, cobalto, stagno, litio, ittrio, neodimio, gallio. In definitiva, un piccolo scrigno di materie prime, di cui alcune estremamente preziose e destinate a esaurirsi in tempi brevi, viste la crescente produzione e l'inevitabile crescita del settore nel futuro (da qui la definizione di Materie Prime Critiche ([COM\(2020\) 474 final](#))).



## Cosa c'è dentro un cellulare?

● metalli alcalini ● elementi di transizione ● metalli ● metalloidi ● lantanidi



Questi sono solo alcuni di quelli presenti...

L'attività di estrazione delle materie prime essenziali per la produzione degli apparecchi elettronici comporta ricadute negative per l'ambiente e la salute umana. Innanzitutto le attività estrattive necessitano di elevato consumo energetico, tanto che si stima che entro il 2040 le emissioni di CO<sub>2</sub> (principale gas serra), legate alla produzione di apparecchi elettronici raggiungeranno il 14% di quelle totali, a cui si aggiungono altri impatti ambientali come la deforestazione ([Bacher et al., 2020](#)). In aggiunta, le tecnologie estrattive producono elevate quantità di materiali di scarto e contribuiscono all'inquinamento degli ecosistemi terrestri e acquatici. Per esempio, l'attività di estrazione dell'oro è responsabile dell'immissione nell'ambiente di mercurio, elemento altamente tossico, la cui presenza tende a persistere a lungo in seguito a trasformazioni chimiche e quindi ad accumularsi negli organismi ([Mestanza-Ramón et al., 2022](#)). Diversi studi hanno dimostrato la notevole presenza di questo metallo nelle specie ittiche destinate al consumo umano, in aree limitrofe alle miniere, insieme a elevati livelli di mercurio atmosferico. Similmente, le attività estrattive del cobalto, metallo essenziale nella costruzione di apparecchi elettronici e auto elettriche, contribuiscono in modo sostanziale al riscaldamento globale. Non solo, impattano sull'ambiente circostante attraverso il

consumo di suolo e di acqua, provocando in tal modo l'insorgenza di fenomeni di eutrofizzazione e l'immissione nell'aria, nell'acqua e nel suolo di sostanze che determinano effetti tossici nocivi per gli organismi, e per la salute umana ([Farjana et al., 2019](#)).

Le terre rare di più recente utilizzo sono tra le risorse minerarie di maggiore interesse per i settori delle comunicazioni, che vanno dalla telefonia agli schermi al plasma e sono definite per le loro versatili caratteristiche "*Le vitamine dell'industria moderna*". Secondo la definizione IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) le terre rare sono l'insieme di 17 elementi che comprendono scandio (Sc), ittrio (Y), lantanio (La) e da tutti gli elementi della famiglia dei lantanidi. Nonostante il nome, le terre rare sono abbondanti nella crosta terrestre, però risultano per lo più in traccia nei minerali che le contengono, mentre sono invece rari i giacimenti in cui sono presenti concentrazioni elevate tali da permetterne l'estrazione. Anche in questo caso, i metodi attuali di estrazione e lavorazione non prevedono standard elevati di sicurezza ambientale e così le aree minerarie sono impattate dal rilascio di acidi e metalli pesanti e molecole radioattive che finiscono spesso nelle acque di falda ([Balaram, 2019](#)). L'impatto sull'ambiente è talmente rilevante, che in diversi siti di estrazione di terre rare le popolazioni residenti hanno dovuto abbandonare le aree minerarie a causa dell'eccessivo inquinamento.

### **3.Ti sei mai chiesto che fine fanno i tuoi apparecchi elettronici quando smetti di usarli?**

È quanto mai evidente che il valore dei nostri apparecchi elettronici in termini di impatto ambientale è enormemente più elevato del loro costo di mercato. Questa consapevolezza dovrebbe modificare il nostro modo di utilizzarli e smaltirli. Nessuno si sognerebbe di buttare gioielli d'oro, argento o platino, non è così per gli articoli elettronici ed elettrici che contengono quegli stessi metalli preziosi. La tendenza è infatti quella di dismettere rapidamente le macchine che già abbiamo a prescindere dalle loro prestazioni, per accaparrarsi prodotti sempre più recenti.

La maggior parte dei nostri apparecchi elettronici obsoleti si trasforma in rifiuti, uno scarto di dimensioni colossali. Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE) sono definiti quei prodotti con circuiti o componenti elettrici alimentati a batteria, che vengono eliminati come rifiuto senza intento di riutilizzo ([Forti et al., 2020](#)). I RAEE sono raggruppati in 6 categorie: (i) apparecchi per la refrigerazione e climatizzazione (frigoriferi, condizionatori ecc.), (ii) apparecchi con schermi (televisori, *tablet*, *monitor* ecc.), (iii) elettronica per illuminazione (lampade ecc.), (iv) grandi elettrodomestici (lavatrici, forni

ecc.), (v) piccoli elettrodomestici (aspirapolveri, tostapane, radio ecc.) e (vi) apparecchi tecnologici (*smartphone*, stampanti, GPS ecc.).

I RAEE costituiscono la tipologia di rifiuti per cui si registra il tasso di crescita in termini di produzione più alto al mondo, pari al 3-5% all'anno solo nell'Unione Europea. Nel 2019 sono state prodotte a livello globale 53,6 Mt (milioni di tonnellate) di rifiuti elettronici, un peso che si avvicina a quello di 4500 Tour Eiffel e pari a 7,3 Kg pro capite. Le stime prevedono che verranno prodotti nel 2030 74,7 Mt ([World Economic Forum, 2019](#)). In Europa, l'Italia è tra i maggiori produttori di questo tipo di rifiuti con una produzione pari a circa 17,2 kg pro capite. Di questa immensa quantità di rifiuti attualmente solo il 17,4% è riciclata. Secondo le attuali stime, una quantità sotto il 10% dei RAEE, per lo più composta da piccole apparecchiature e piccoli strumenti per l'informatica, viene gettata nei cassonetti dei rifiuti e successivamente messa in discarica o incenerita ([Forti et al., 2020](#)). Il destino della maggior parte di questi rifiuti, invece, non è tracciato e prevede l'abbandono o il trasferimento in discariche ubicate nei paesi in via di sviluppo, dove le attività di smaltimento non seguono le norme di sicurezza per l'ambiente e per gli operatori. Il luogo simbolo di questa pratica è la discarica di rifiuti elettronici di Agbogbloshie, nella capitale del Gana Accra. Si tratta di una discarica immensa, che sorge sulle sponde della laguna di Korle, uno dei luoghi più inquinati della terra. Per questo motivo e a causa dell'enorme quantità prodotta, i rifiuti elettronici rappresentano ad oggi un problema ambientale e per la salute umana. I RAEE, infatti, smaltiti in discariche non specifiche per questa tipologia di rifiuti, sono in grado di inquinare l'ambiente attraverso l'emissione nell'aria, nel suolo e nelle acque superficiali, fino a raggiungere anche le acque di falda. Ciò a causa di diverse tipologie di composti chimici presenti negli apparecchi elettronici tra cui: polibromodifenileteri, sostanze perfluoroalchiliche, metalli pesanti (piombo, cromo esavalente, zinco e mercurio) e terre rare. La tossicità di questi ultimi, per l'uomo e per l'ambiente, è pressoché sconosciuta. Sono state identificate fino a 1000 sostanze potenzialmente pericolose tra i componenti di rifiuti elettronici o sottoprodotti generati nel processo di smaltimento come acidi, idrocarburi policiclici aromatici, diossine, furani e composti organici volatili ([WHO, 2021](#)).





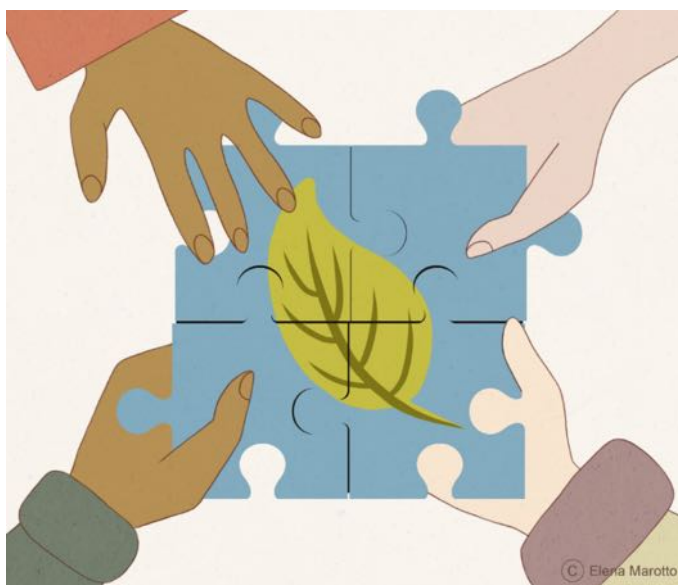
L'esposizione umana alle sostanze tossiche rilasciate dai RAEE può avvenire sul luogo di lavoro attraverso l'inalazione, l'ingestione o il contatto cutaneo, ma può estendersi anche alle popolazioni residenti in prossimità dei siti di smaltimento attraverso l'aria, l'acqua, il suolo e i prodotti alimentari contaminati. Ad oggi sono stati identificati diversi effetti deleteri per la salute umana legati all'esposizione alle complesse miscele di sostanze tossiche associate ai RAEE: disfunzioni tiroidee, problemi respiratori, insorgenza di danni genetici, riduzione della crescita e delle funzioni cognitive ([Grant et al., 2013](#)). In particolare, lo stato di salute di neonati e di bambini è seriamente compromesso dall'alto livello di nocività rappresentato dai RAEE ([WHO, 2021](#)).

Sulla base di queste informazioni è quindi evidente che l'attuale sistema di produzione, consumo e smaltimento degli apparecchi elettronici non solo non è sostenibile, ma provoca danni gravi all'ambiente e alla salute umana.

#### 4. Come si può contribuire a ridurre gli impatti ambientali degli apparecchi elettrici ed elettronici?

È possibile realizzare un sistema sostenibile di gestione degli apparecchi elettronici. È questa una sfida estremamente attuale, che coinvolge tutti: dai produttori ai legislatori fino ai consumatori.

Innanzitutto, è necessario adottare sistemi di produzione sostenibile degli apparecchi, a iniziare dalla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> e del consumo energetico, in associazione a pratiche estrattive delle materie prime che garantiscono un approvvigionamento sostenibile per l'ambiente nel rispetto dei diritti umani. Ciò perché molte delle pratiche estrattive prevedono lo sfruttamento di manodopera accompagnato da pessime condizioni di sicurezza e di salute. A tal riguardo nell'Unione Europea è in vigore il regolamento (UE) n. 2017/821, che vieta l'importazione di terre rare da territori in conflitto nei quali non siano garantite pratiche estrattive nel rispetto dei diritti umani e della salute pubblica.



A ciò si aggiunge anche la necessità di assicurare la produzione di apparecchi più durevoli e riparabili rispetto a quelli attualmente presenti sul mercato. In quest'ottica la Commissione Europea ha presentato una proposta per il "diritto alla riparazione", che obbliga i produttori a costruire apparecchi durevoli, facili da riparare con parti rimovibili e sostituibili, nonché a fornire informazioni trasparenti sulla manutenzione e sulle riparazioni, il tutto accompagnato da un periodo minimo di garanzia per gli aggiornamenti del *software*. Un altro aspetto cruciale è quello legato alla gestione efficace ed efficiente dei RAEE prodotti nelle nostre città, diventate vere e proprie miniere. In quest'ottica, il riciclo consente di ridurre il depauperamento delle materie prime essenziali per moltissime attività industriali e la realizzazione della transizione tecnologica. Entrambi dovrebbero

contribuire al raggiungimento degli obiettivi dello sviluppo sostenibile fissati dalle Nazioni Unite (*Sustainable Development Goals, SDGs*). Basti pensare che una tonnellata di telefoni cellulari contiene 300 g di oro, mentre da una tonnellata dello stesso minerale se ne estraggono 3 g, cioè 100 volte di meno.

Per favorire il processo di riciclo degli apparecchi obsoleti è importante sviluppare pratiche efficienti di raccolta locale e conferimento in discariche specializzate, attraverso sistemi di raccolta più capillari e di semplice utilizzo.

Attualmente, i metodi tradizionali per il recupero di metalli preziosi dai RAEE si avvalgono di processi di pirometallurgia e idrometallurgia, che tuttavia producono scarti inquinanti contenenti, ad esempio, diossine o lisciviati metallici, che impattano negativamente sugli ecosistemi naturali e sulla salute umana. È essenziale, quindi, sviluppare tecnologie più avanzate che si avvalgono dell'uso di sostanze più sicure per l'ambiente o utilizzare approcci alternativi, come ad esempio la biodegradazione ad opera di batteri, alghe o funghi, attualmente in fase sperimentale e non ancora sul mercato ([Adetunji et al., 2023](#)). Come consumatori siamo chiamati innanzitutto ad allungare la vita dei nostri apparecchi elettronici, ricorrendo alla riparazione piuttosto che alla sostituzione. Prima di correre in negozio ad acquistare un nuovo modello di *smartphone* o di *tablet* uscito sul mercato, dobbiamo chiederci se sia davvero necessario. Possiamo inoltre scegliere di cedere i dispositivi e di incentivare il loro riutilizzo, attraverso piattaforme di rivendita e/o di condivisione. Infine, è estremamente importante smaltire correttamente gli apparecchi obsoleti in centri di raccolta dedicati o restituirli al produttore.

## 5. Tecnologia digitale: navigare nel web ha un costo ambientale?

In aggiunta a quanto scritto finora, è importante sapere che esiste un ulteriore impatto ambientale "invisibile" legato all'uso crescente della tecnologia digitale. L'utilizzo della rete ha innegabilmente migliorato la nostra vita e spesso contribuisce alla sostenibilità ambientale. Tuttavia, qualsiasi attività che noi facciamo online: dalla navigazione, al caricamento di immagini, alla riproduzione di musica e *streaming* contribuisce all'emissione di grammi di CO<sub>2</sub>. Ciò avviene al fine di produrre l'energia necessaria al funzionamento dei dispositivi nonché per l'alimentazione delle reti *wireless* a cui si accede. Da parte loro sono ancor più energivori i *data center* e gli enormi server necessari per supportare Internet e per l'archiviazione dei contenuti a cui accediamo. Sebbene le emissioni di CO<sub>2</sub> prodotte da ciascuna delle nostre attività *online* siano di piccole entità, il numero enorme di utenti attivi giornalmente sulla rete fa sì che il contributo della tecnologia digitale si attesti intorno al 3,7% delle emissioni globali di gas serra. E le stime

per i prossimi anni evidenziano una crescita costante

(<https://theshiftproject.org/en/article/lean-ict-our-new-report/>).

L'impatto legato all'uso dei diversi *social media* varia, soprattutto in relazione all'adozione di sistemi di approvvigionamento energetico sostenibile, o meno, da parte degli operatori.

Secondo una recente stima compiuta da Greenspector

(<https://greenspector.com/en/social-media-2021/>) si passa infatti dagli 0,46 gEqCO<sub>2</sub>/min di YouTube ai 2,63 gEqCO<sub>2</sub>/min di TikTok.

L'utilizzo consapevole e responsabile della tecnologia digitale da parte di ciascuno può quindi contribuire in modo rilevante a limitare gli impatti ambientali, che al momento sono imprevedibili e per lo più sottovalutati.





- La produzione degli apparecchi elettronici comporta attività di estrazione di materie prime che contribuiscono al cambiamento climatico attraverso la deforestazione e l'immissione di gas serra in atmosfera e generano inquinamento ambientale.
- La maggior parte dei nostri apparecchi elettronici obsoleti si trasforma in rifiuti, che spesso vengono smaltiti in modo abusivo o raccolti in discariche dove le attività di smaltimento non seguono le norme di sicurezza ambientale e lavorative. Tali rifiuti inquinano l'ambiente attraverso emissioni nell'aria, nel suolo e nelle acque superficiali, fino a raggiungere quelle di falda con ricadute negative per l'ambiente e la salute umana.
- Le nostre attività *online*, come la navigazione, il caricamento di immagini, la riproduzione di musica e streaming di video contribuiscono all'emissione di CO<sub>2</sub> in atmosfera.

### Che cosa puoi fare tu?

È possibile ridurre l'impatto ambientale della tecnologia attraverso l'adozione di alcune semplici azioni concrete:

Prolungare la vita degli apparecchi elettronici, inclusi piccoli oggetti come auricolari, *powerbank* e cavi da ricarica.

Smaltire correttamente gli apparecchi obsoleti, sia attraverso il conferimento nelle isole ecologiche, sia -ove possibile- restituendoli ai rivenditori.

Favorire il processo di riciclo degli apparecchi, per esempio attraverso piattaforme di scambio dell'usato.

Infine, utilizzare responsabilmente la tecnologia digitale.



## Bibliografia e sitografia

- Adetunji AI, Oberholster PJ, Erasmus M. (2023). Bioleaching of Metals from E-Waste Using Microorganisms: A Review. *Minerals*. 13,828.  
<https://doi.org/10.3390/min13060828>
- Balaram V. (2019). Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact. *Geoscience Frontiers* 10, 1285-1303. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2018.12.005>
- Bachèr J., Pohjalainen E., Yli-Rantala E., Boonene K., Nelen D. (2020). Environmental aspects related to the use of critical raw materials in priority sectors and value chains. Eionet Report - ETC/WMGE 2020/5 <https://tinyurl.com/5ytdbp8s>
- COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSIGLIO, AL COMITATO ECONOMICO E SOCIALE EUROPEO E AL COMITATO DELLE REGIONI COM/2020/474 final. Resilienza delle materie prime critiche: tracciare un percorso verso una maggiore sicurezza e sostenibilità.  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474>
- Farjana S.H., Huda, N. Mahmud M.A.P. (2019). Life cycle assessment of cobalt extraction process. *Journal of Sustainable Mining* 18, 150-161.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2300396018301836>
- Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. (2020). The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam.  
<https://ewastemonitor.info/gem-2020/>
- Grant K., Goldizen F.C., Sly P.D., Brune M.-N., Neira M., van den Berg M., Norman R. E. (2013). Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. *Lancet Global Health* 1, e350–e361. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(13\)70101-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(13)70101-3)
- Mestanza-Ramón C, Cuenca-Cumbicus J, D’Orio G, Flores-Toala J, Segovia-Cáceres S, Bonilla-Bonilla A, Straface S. 2022. Gold Mining in the Amazon Region of Ecuador: History and a Review of Its Socio-Environmental Impacts. *Land*. 11, 221.  
<https://doi.org/10.3390/land11020221>
- The Shift Project 2019. REPORT / Lean ICT: Towards digital sobriety.  
<https://theshiftproject.org/en/article/lean-ict-our-new-report/>
- World Economic Forum (2019). A new circular vision for electronics: time for a global reboot.

[https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_A\\_New\\_Circular\\_Vision\\_for\\_Electronics.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf)

World Health Organization (WHO) (2021). Children and digital dumpsites: e-waste exposure and child health.

<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/341718/9789240023901-eng.pdf?sequence=1>

<https://www.mise.gov.it/index.php/it/impresa/competitivita-e-nuove-imprese/materie-prime-critiche/materie-prime-critiche#:~:text=criteri%20ambientali%20minimi-,Cosa%20sono,da%20alto%20rischio%20di%20fornitura>

<https://tcocertified.com/it/quiz-e-waste>

<https://www.prontobolletta.it/calcola-la-tua-impronta-ecologica/>

<https://greenspector.com/en/social-media-2021/>



# CAPITOLO 3. Plastica dalla culla alla tomba

Andrea Binelli e Stefano Magni



## 1. I rifiuti

Con il termine “rifiuto” si indica un materiale di scarto derivante dalle attività antropiche. I rifiuti rappresentano un problema globale e, se mal gestiti, possono portare a serie problematiche, sia per la salute umana che per l’ambiente. È possibile distinguere i rifiuti in due categorie in base alla loro origine: rifiuti speciali e rifiuti urbani. Tra i rifiuti speciali troviamo quelli derivanti dalle attività agricole, industriali, sanitarie e quelli provenienti dal trattamento delle acque di scarico. Al contrario, tra i rifiuti urbani annoveriamo quelli domestici e ingombranti, quelli derivanti dalla raccolta stradale, quelli porta a porta e, infine, quelli di origine vegetale (es. patate, giardinaggio etc.). In particolare, in base all’Elenco Europeo dei Rifiuti, è possibile distinguere le seguenti classi di materiali considerati rifiuti urbani ([ISPRA Rapporto Rifiuti Urbani - Edizione 2021](#)): carta e cartone; vetro; plastica; metalli; legno; tessili; farmaci e medicinali scaduti; frazione umida; frazione verde; rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE); frazione multimateriale.

Un’altra classificazione dei rifiuti prevede una loro distinzione in **non pericolosi** e **pericolosi**, cui vengono attribuite le cosiddette *Hazardous Property* (HP) quali ad esempio, esplosivi, infiammabili, irritanti, cancerogeni, e molti altri. È fondamentale, in questo contesto, studiare i processi intercorsi dal momento della produzione del manufatto fino ad arrivare al suo utilizzo da cui il termine “**dalla culla alla tomba**” (dall’inglese *from cradle-to-grave*) che ripercorre il percorso fatto da un oggetto dall’estrazione della materia prima, passando per il prodotto finito immesso sul mercato, fino al cosiddetto “fine vita” del prodotto stesso, che diviene appunto “rifiuto”.

Gli studi di questi processi permettono, quindi, di gestire i differenti materiali in maniera corretta, cercando di minimizzare l’impatto ambientale. In particolare, la valutazione del ciclo di vita dei prodotti (*Lyfe Cycle Assessment* - LCA) aiuta a identificare le problematiche che sono alla base dei rischi connessi a specifici rifiuti. Ciò consente al legislatore di migliorare le prestazioni industriali e ambientali connesse alla gestione del rifiuto. In questo contesto, è però importante cercare di dare anche “nuova vita” ai rifiuti, concetto riassunto nella dizione “**dalla culla alla culla**” (dall’inglese *from cradle-to-cradle*) che, rispetto alla precedente definizione, porta in sé un’accezione ecosostenibile: il rifiuto non è più un materiale di cui disfarsi, ma una risorsa, al pari delle materie prime originariamente utilizzate.

Il cittadino ha un ruolo importantissimo per raggiungere questo obiettivo, da un lato relativamente alla scelta dell’acquisto di prodotti che inquinino meno durante tutta la filiera di produzione, dall’altro tramite la promozione e attuazione della raccolta differenziata,

funzionale al recupero del rifiuto. In tale contesto, tra il vasto elenco di rifiuti precedentemente citato, possiamo notare come la carta, inviata al macero, venga riusata come materia prima secondaria per produrre nuovamente libri, giornali e scatoloni, evitando l'abbattimento di nuovi alberi, che rappresentano la materia primaria per la sua produzione. Il vetro e i metalli a "fine vita" vengono rifusi per produrre nuovi oggetti. In particolare, il vetro, ma anche l'alluminio, può essere riciclato all'infinito senza perdere le sue proprietà. Occorre prestare attenzione a non gettare insieme a questi materiali oggetti che erroneamente potrebbero essere confusi con essi, come ceramica e porcellana. L'umido (derivante dagli scarti di cucina) e il verde (derivante dalle attività di manutenzione di parchi e giardini), che costituiscono il rifiuto organico, vengono invece trattati in specifici impianti di digestione aerobica/anaerobica per la produzione di biogas, nonché inviati in impianti di compostaggio per produrre compost da utilizzare come fertilizzante. Ci sono, poi, rifiuti non riciclabili o, meglio, più difficili da trattare e che richiedono tecnologie d'avanguardia; questi possono essere utilizzati in impianti di termovalorizzazione per produrre energia e calore o essere stoccati in discarica ([www.amsa.it](http://www.amsa.it)).

Alla stregua dei rifiuti descritti finora, anche il riciclo della plastica permette di ridurre enormemente l'uso di materie prime. La plastica viene sintetizzata tramite polimerizzazione di monomeri derivanti da prodotti naturali come gas, carbone, cellulosa e petrolio. Tuttavia, non sempre la raccolta dei rifiuti plastici funziona in maniera ottimale e in aggiunta, numerose plastiche vengono immesse intenzionalmente e direttamente in ambiente da comportamenti poco virtuosi. Gli impatti ambientali della plastica sono attualmente sotto i riflettori della comunità scientifica internazionale, nonché dell'opinione pubblica, poiché la persistenza di questo materiale, associata alla sua dispersione in ambiente, sta causando numerose problematiche a livello globale. Si pensi, ad esempio, alle enormi isole di plastica presenti negli oceani originatesi dai vortici delle correnti oceaniche (*plastic gyres*) e all'ingestione di rifiuti plastici da parte di molteplici organismi marini.

## **2. La plastica: un materiale che ha salvato gli elefanti (ma non le balene)**

La parola "Plastica" deriva dal greco *plastikḗ (tékhne)*, termine che descrive una delle proprietà di questo materiale, ovvero "qualcosa che può essere modellato".

Gli albori della plastica non sono chiari, ma possono essere fatti coincidere con la scoperta delle gomme naturali (caucciù) da parte di Charles Marie de La Condamine, nel 1736. La successiva introduzione del processo di vulcanizzazione della gomma da parte di Thomas



Hancock e Charles Goodyear, rispettivamente nel 1843 e nel 1844, diede poi a questi materiali un'ampia diffusione e applicabilità di utilizzo. La vulcanizzazione, infatti, è un processo di lavorazione che, aggiungendo zolfo alle gomme, rende questi materiali più resistenti all'usura e, quindi, più idonei al loro utilizzo, ad esempio negli pneumatici delle automobili.

Bisognerà, però, aspettare il 1862, quando, durante la seconda esposizione universale a Londra, venne presentato il **Parkesine** (dal nome del suo inventore Alexander Parkes), un materiale costituito da **celluloide** (nitrocellulosa) e considerato il primo polimero termoplastico della storia. Tuttavia, ancora non si può parlare di polimeri totalmente sintetici, avendo la nitrocellulosa un'origine vegetale. È, comunque, grazie anche all'invenzione di questo nuovo materiale che gli elefanti vennero probabilmente salvati dall'estinzione. Nel 1863, infatti, l'americano John Wesley Hyatt propose l'utilizzo della celluloide come sostituto dell'avorio nella produzione di palle da biliardo e suppellettili vari.

Il primo vero polimero completamente sintetico fece la sua comparsa nel 1907 quando, Leo Hendrick Baekeland, miscelando formaldeide e fenolo, inventò la **Bakelite**. Questo materiale, a partire dagli anni '20 del Novecento, venne ampiamente utilizzato per produrre numerosi oggetti di uso comune, dai cruscotti per automobili ai telefoni. Tra gli anni '10 e gli anni '30 del Novecento si assiste alla sintesi di altre plastiche, ampiamente utilizzate ancora oggi, come il **polivinilcloruro (PVC)**, il **poliossimetilene (POM)**, il **polistirene (PS)** e il **polimetilmetacrilato (PMMA)**, commercialmente conosciuto come *Plexiglass* che, essendo molto trasparente, viene spesso impiegato come sostituto del vetro.

Ma è soltanto durante la Seconda guerra mondiale che la chimica di sintesi subisce un forte impulso e, conseguentemente, la produzione di plastica aumenta enormemente. Ne è un esempio il **politetrafluoroetilene (PTFE)**, commercialmente conosciuto come Teflon e oggi impiegato nei rivestimenti delle pentole antiaderenti, inizialmente utilizzato nella realizzazione della prima bomba atomica come rivestimento delle apparecchiature contenenti esafluoruro di uranio, molto tossico e corrosivo. Similmente la **poliammide (PA)**, commercialmente conosciuta come *Nylon*, costituente di numerose fibre sintetiche, durante la guerra trovò impiego nella produzione dei paracadute. Risale allo stesso periodo l'**acrilonitrile butadiene stirene (ABS)**, una plastica molto resistente agli impatti e usata nella produzione dei famosi mattoncini Lego.

Successivamente, seguendo la scia di innovazioni industriali favorite dall'industria bellica, vi furono miglioramenti nella produzione di plastiche fino a quel momento poco utilizzate,

sebbene sintetizzate per la prima volta decenni prima, come il **polietilene (PE)**. Ma è con il **polipropilene (PP)** che la plastica inizia a entrare prepotentemente nella vita e nelle case delle persone. All'italiano Giulio Natta e al tedesco Karl Ziegler si deve la scoperta della sintesi del polipropilene isotattico (ovvero con struttura cristallina) un materiale estremamente lavorabile se paragonato ad altri tipi di polipropilene. Tale scoperta valse ai due scienziati, che spesso vengono identificati come “gli inventori” della plastica, il Premio Nobel per la chimica nel 1963. Conseguentemente, numerosi oggetti di uso comune iniziarono a essere prodotti con il polipropilene, noto commercialmente come Moplen e un tempo prodotto dalla ditta italiana Montecatini (poi divenuta Montedison). Un altro esempio di plastica ampiamente utilizzata in quegli anni era la formica, una resina ottenuta dalla formaldeide (resina melamminica), con cui venivano prodotti numerosi arredi ampiamente diffusi negli anni '50-60.

Dagli anni '50 a oggi la plastica ha rivoluzionato e migliorato il nostro stile di vita, ma, come accaduto per altri composti chimici di sintesi, si sta rivelando un *boomerang* ecologico. Data, infatti, la persistenza di questi materiali, associata al loro scarso riciclo e accidentale dispersione nell' ambiente, i detriti plastici sono ormai ubiquitari in tutti gli ecosistemi del Pianeta, con un forte impatto sugli organismi che li abitano. La presa di coscienza di queste problematiche si è avuta con alcune ricerche condotte nel 2005, quando un particolare pezzo di plastica di colore bianco, insieme ad altri frammenti sintetici, è stato ritrovato nello stomaco di un albatros dell'atollo di Midway alle Hawaii. Il pezzo di plastica riportava sulla sua superficie un numero di matricola ricondotto a un aereo da guerra americano abbattuto durante la Seconda guerra mondiale al largo del Giappone ben 60 anni prima del suo ritrovamento nello stomaco dell'uccello marino. Ciò testimonia sia la notevole persistenza ambientale della plastica sia i potenziali effetti avversi sugli organismi. Ecco perché negli ultimi anni si sono inventati e utilizzati materiali più ecocompatibili rispetto alla plastica convenzionale, come le plastiche compostabili e biodegradabili (ad esempio formulate con prodotti derivanti dall'amido), con cui vengono normalmente prodotti i sacchetti della spesa. La plastica, comunque, continua ad avere un ruolo importantissimo nelle nostre vite e, conseguentemente, viene incessantemente prodotta a livello globale per soddisfare l'ingorda richiesta del mercato ([www.corepla.it](http://www.corepla.it); [Crawford e Quinn, 2016](#)).

### **3. Produzione globale della plastica**

Tra le varie tipologie di materiali precedentemente citati come carta, vetro e metallo, la plastica è sicuramente tra quelli più usati e versatili e, inevitabilmente, la sua sintesi e

produzione a livello globale sono in continuo aumento. Ma abbiamo un'idea di quale sia la produzione annuale di questo materiale? La risposta è sì, e i numeri sono impressionanti. Se nel 1950, che, come abbiamo visto, rappresenta l'albore dell'industria della plastica vera e propria, la produzione globale fu di 1,5 milioni di tonnellate, la situazione è cambiata enormemente nei decenni successivi. Secondo il più recente *report* annuale di PlasticsEurope (Plastics – The Facts, 2023; [www.plasticseurope.org](http://www.plasticseurope.org)), consorzio europeo dei produttori di plastica, negli ultimi anni la produzione di questo materiale ha seguito una tendenza in costante aumento, passando da 370,5 milioni di tonnellate nel 2018 a oltre 400 milioni di tonnellate nel 2022. Neppure la pandemia da COVID-19 ha fermato l'aumento nella produzione di materie plastiche, nonostante la chiusura di numerose attività industriali legate direttamente o indirettamente alla produzione e all'impiego di oggetti plastici. Dal 1950 a oggi possiamo annoverare solamente due eventi di crollo nella produzione di plastica, uno avvenuto nel 1973, dovuto alla crisi petrolifera mondiale, e l'altro nel 2007, associato alla crisi finanziaria internazionale. Tuttavia, questi dati sono riferiti su scala globale, mentre in Europa la situazione è leggermente differente in quanto, a partire dal 2017, si è osservata una diminuzione di oltre il 9% nella produzione di plastica, passando da 64,4 milioni di tonnellate a 58,7 milioni di tonnellate nel 2022 ([www.plasticseurope.org](http://www.plasticseurope.org)). Il maggior Paese produttore di materie plastiche è la Cina (32%), seguita dai paesi del *North American Free Trade Agreement* (NAFTA; 17%), ovvero Canada, Stati Uniti e Messico, mentre l'Europa (EU27+3) è responsabile del 14% dell'intera produzione mondiale ([www.plasticseurope.org](http://www.plasticseurope.org)). Vediamo ora qual è il destino della plastica prodotta e come è possibile mitigare l'enorme problema associato a tutti quei prodotti che, al termine della loro vita, divengono rifiuti.

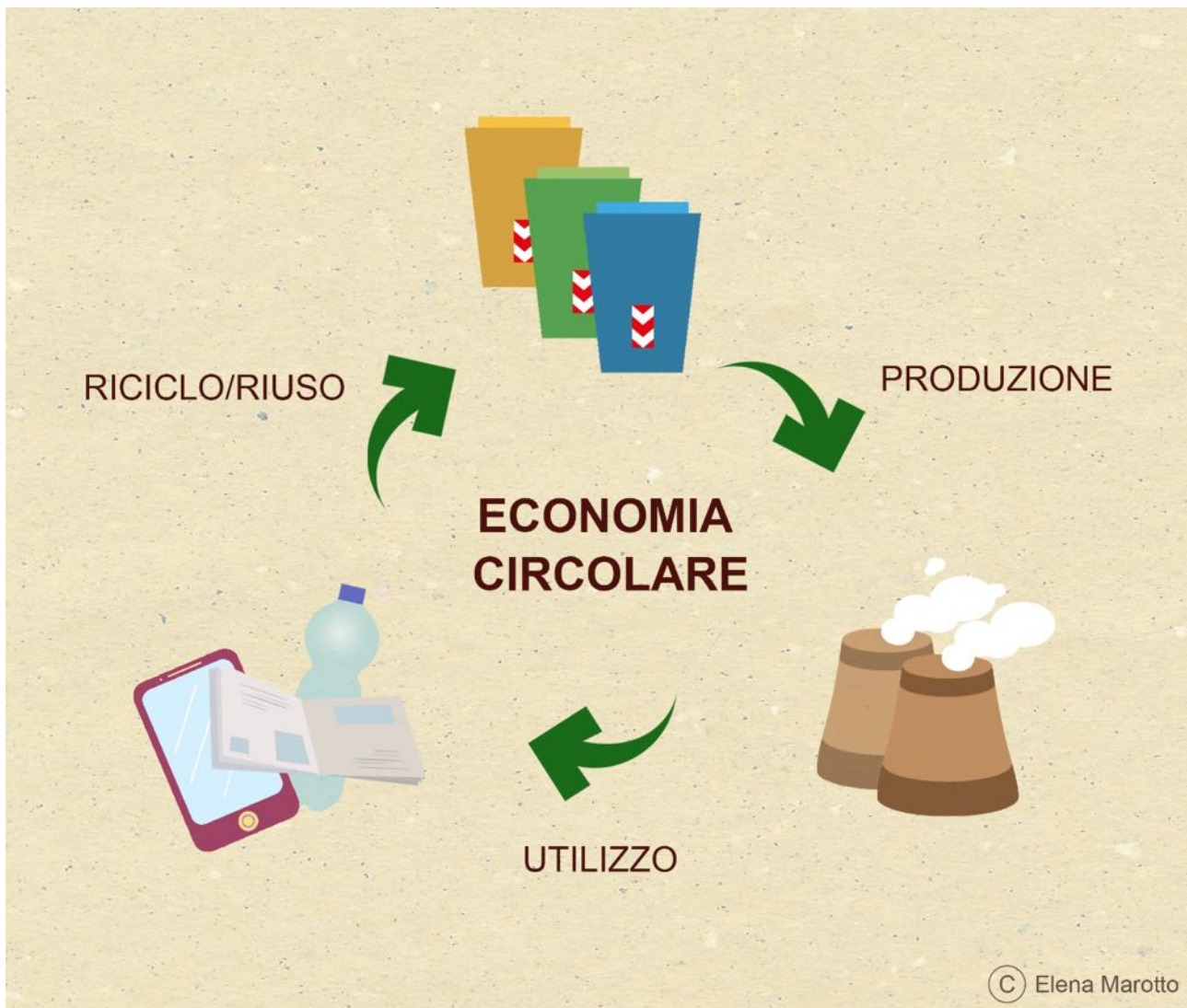
#### **4. La plastica e l'economia circolare**

La nostra casa è piena di oggetti in plastica come, ad esempio, i numerosi contenitori presenti in cucina, salotto, stanze e bagni, i giocattoli e gli arredi, fino alle più svariate forme di imballaggi che avvolgono e proteggono il nostro cibo. Se la plastica è uno dei materiali più comuni della nostra quotidianità, è anche, purtroppo, uno degli inquinanti ambientali più difficili da smaltire. In realtà, negli ultimi decenni si fa sempre più urgente la richiesta di non smaltire direttamente la plastica, ma viene più correttamente chiesto di eseguirne un massiccio riuso e/o riciclo, che può non solo dar vita a un nuovo oggetto, ma anche rappresentare una fonte energetica non trascurabile. Un dato preoccupante, che ha spinto sia l'Unione Europea che l'Italia a mettere in atto misure volte a promuovere un riutilizzo ecosostenibile di questo materiale e a ridurre la produzione, è che il 94% dei rifiuti

urbani è costituito da imballaggi in plastica ([www.openpolis.it](http://www.openpolis.it)). A livello europeo, nel 2018 è stato dunque promosso il pacchetto sull'economia circolare, attraverso il quale si stabiliscono obiettivi molto ambiziosi per il riciclaggio e il riutilizzo di diversi materiali. Tra i vari *target* proposti dal piano, uno prevede di conseguire il riciclo del 50% degli imballaggi di plastica entro il 2025 e del 55% entro il 2030.

Diventa, quindi, indispensabile procedere, anche nel nostro piccolo, al riuso e al riciclo della plastica che abbiamo deciso di eliminare poiché, come vedremo, il processo di riciclo è lungo e complesso, ma non può prescindere da un comportamento consapevole e responsabile di ogni cittadino. Per tale ragione, è necessario fare un po' di chiarezza su questo argomento, rispondendo a poche, ma significative domande, cui spesso non diamo il giusto valore.





### 5. Come possono essere gestiti i rifiuti plastici?

Anche per le materie plastiche vale il dogma fondamentale delle **tre R** (**Ridurre**, **Riutilizzare**, **Riciclare**), ognuna con diverse potenzialità e priorità nel campo dell'ecosostenibilità. Lo scopo della **Riduzione**, che sicuramente rappresenta il sistema di gestione dei rifiuti plastici più auspicabile, è quello sia di ridurre le risorse utilizzate nella produzione, garantendo che i prodotti durino più a lungo, sia di impiegare meno materiale per la loro costruzione.

Il **Riuso** prevede di allungare la vita di un prodotto, riutilizzandolo più volte oppure usarlo in modo differente rispetto al suo impiego originario. Il **Riciclo** comprende numerosi passaggi e diverse fasi di processo che portano alcuni tipi di plastica ad essere utilizzati per produrre altri oggetti. Per le plastiche è possibile aggiungere una quarta R (**Recupero**) in quanto, essendo prodotte a partire dagli idrocarburi, possono subire un processo di termovalorizzazione con recupero di energia. L'ultima opzione, sicuramente quella meno auspicabile dal punto di vista dell'ecosostenibilità, è lo **smaltimento** in discarica o attraverso incenerimento senza recupero di energia.



Come cittadini possiamo intervenire attivamente nei due processi centrali, vale a dire nel riuso e nell'eseguire una corretta raccolta differenziata per il successivo riciclo, perché gli interventi di riduzione, da una parte, e di recupero e smaltimento dall'altra, sono controllati e attuati dagli organismi regolatori e dalle ditte e operatori del settore gestionale.



## 6. Qual è la differenza tra riuso e riciclo?

Spesso questi due termini sono confusi tra loro, mentre in realtà esiste una profonda differenza nelle due pratiche, ugualmente importanti dal punto di vista ecologico. Quando si parla di **riuso** ci si riferisce alla possibilità di riutilizzare oggetti che non sono ancora diventati scarti o rifiuti da eliminare o smaltire, dando loro la possibilità di una nuova "vita". Questa finalità può essere raggiunta sia mantenendo la loro funzione originaria sia utilizzandoli in qualcosa di completamente diverso. Il riuso è una pratica molto semplice che può essere attuata da ciascuno di noi, allungando il ciclo di vita di un oggetto. La creatività può trasformare, ad esempio, i tappi in plastica colorati in tende multicolori

oppure in segnaposto per la tavola ([www.economiacircolare.com](http://www.economiacircolare.com)). Le bottiglie in plastica possono essere riutilizzate più volte oppure, perché no, tagliate e usate per ottenere dei vasetti per contenere bulbi o piante aromatiche da mettere sui nostri balconi, magari dopo averli allegramente colorati. I flaconi in plastica delle creme, dei bagnoschiuma o degli shampoo possono diventare, ad esempio, funzionali e colorati porta-*smartphone* ([www.portarifiuti.info](http://www.portarifiuti.info)).



Per **riciclo**, invece, s'intende la trasformazione di materiali di scarto o rifiuti recuperati tramite la raccolta differenziata in nuovi oggetti, chiamati "materie prime seconde", che possono essere immesse di nuovo nel sistema economico come nuove materie prime ([www.economiacircolare.com](http://www.economiacircolare.com)). Già dalle definizioni dei due termini ci possiamo rendere conto di una grande differenza tra riuso e riciclo: il primo può essere messo in atto in modo molto semplice da ogni cittadino, mentre il riciclo necessita di numerosi passaggi che, comunque, non possono prescindere da un'ampia e corretta raccolta differenziata, che comincia proprio nelle nostre case.








## 7. Tutte le plastiche sono riciclabili?

No, non tutte le plastiche possono essere riciclate perché ne esistono fondamentalmente di due tipi: le **termoplastiche**, che sono completamente riciclabili in quanto è possibile ridurre la dimensione fino ad ottenere frammenti di pochi cm, liquefarle ad elevate temperature e, eventualmente, ristamparle senza perdere le loro caratteristiche, almeno per diversi cicli produttivi. Al contrario, le **plastiche termoindurenti** sono caratterizzate da specifici polimeri che, una volta prodotti, non possono essere nuovamente fusi senza perdere le loro caratteristiche, rendendoli quindi inutilizzabili per produrre nuovi oggetti ([www.zerosprechi.eu](http://www.zerosprechi.eu)). Ma come si può riconoscere se un oggetto in plastica deve essere conferito nell'apposito sacchetto o bidone della raccolta differenziata oppure essere

buttato semplicemente insieme al resto dei rifiuti non riciclabili? La risposta a questa domanda è molto semplice, anche se spesso non viene sufficientemente spiegata. In Italia, infatti, come in tutta Europa, ogni prodotto in plastica deve riportare stampato un codice univoco che individua il tipo di plastica impiegato (per l'Italia il codice è regolato dalla norma UNI EN ISO11469: 2016). Se controlliamo bene, su ogni oggetto in plastica vedremo stampato uno dei seguenti simboli che corrisponde a un determinato tipo di plastica.



## Codice

Identificativo	Tipo Di Plastica	Oggetti Più Comuni
	PET (polietilentereftalato)	bottiglie d'acqua e bibite, barattoli, teglie, vaschette, vasetti per la marmellata.
	HDPE (polietilene ad alta densità)	fusti per prodotti chimici, giocattoli, taniche, damigiane, imballaggi alimentari, sacchetti.
	PVC (polivinilcloruro)	infissi per finestre, tubi per l'acqua, isolanti per cavi e fili, interni e rivestimento dei sedili per auto, oggetti per la moda e calzature, imballaggi, pelle sintetica e altri rivestimenti in tessuto.
	LDPE (polietilene a bassa densità)	giocattoli, sacchetti, rivestimenti per serbatoi chimici, imballaggi, tubi dell'acqua e del gas.
	PP (polipropilene)	secchi, imballaggi, giocattoli, componenti medicali, cestelli delle lavatrici, tappi, custodie per batterie.
	PS (polistirene)	giocattoli, imballaggi rigidi, vassoi e scatole frigo, confezioni per cosmetici, bigiotteria.
	Altri (altri tipi di plastica)	confezioni di caffè, cartoni del latte, <i>tetrapack</i> , vernici, adesivi, materassi, isolanti per l'edilizia, tubazioni, indumenti tecnici e sportivi, impugnature per ferri da stiro e pentole.

I primi sei codici identificano le tipiche termoplastiche che possono essere riciclate, mentre l'ultimo codice contiene le plastiche termoindurenti, che non sono riciclabili e che devono essere conferite insieme ai rifiuti indifferenziati. Tra queste ultime, i più comuni polimeri sono il poliuretano e le resine epossidiche e fenoliche.

Il problema, com'è facile immaginare, è che un conferimento della plastica errato nelle nostre abitazioni rende più lento e complesso il processo di separazione e il conseguente riciclo. Per questa ragione, è assolutamente necessario che ognuno di noi conosca quale plastica mettere nell'apposito bidone e quale no. Inoltre, è opportuno sottolineare che esistono fondamentalmente due diversi sistemi di riciclo della plastica: il **riciclo tradizionale** e quello **avanzato**. Il primo è sicuramente quello più diffuso ed è il più adatto per i materiali termoplastici. Esso prevede la fusione della plastica e la sua trasformazione in nuovi prodotti attraverso un processo chiamato stampaggio a iniezione ([www.conserve-energy-future.com](http://www.conserve-energy-future.com)).

Il riciclo avanzato è un processo attraverso il quale l'effetto delle sostanze chimiche o della temperatura scompone il materiale plastico. Questo metodo consiste in tre diverse tecniche: la pirolisi, il riciclaggio chimico e la gassificazione. La **pirolisi** è una tecnica che prevede il riciclaggio dei rifiuti di plastica in combustibile attraverso un processo ad alta temperatura e in carenza di ossigeno, per evitare la formazione di composti pericolosi. Il **riciclaggio chimico** comporta, invece, la riduzione di un polimero in monomeri in grado di originare nuovi prodotti, come ad esempio il *Nylon*. Infine, la **gassificazione** converte la plastica, sempre in condizioni di alta temperatura e basso tenore di ossigeno, in un gas sintetico che serve per azionare delle turbine e produrre in questo modo energia.

## 8. Quali sono le diverse fasi del riciclo della plastica?

Per comprendere l'importanza che il semplice gesto di gettare un contenitore o una pellicola per alimenti nel corretto bidone per la raccolta differenziata può determinare per la salvaguardia ambientale e anche per diminuire i costi dello smaltimento, descriveremo quali sono i numerosi passaggi che la plastica deve subire per poter essere riciclata.

- 1) **Raccolta**: questa è la prima fase del processo di riciclaggio e comporta la raccolta del corretto materiale plastico dalle nostre case, aziende e scuole. In questa fase è importante che tutti smistino correttamente la plastica pronta per la raccolta e riciclino tutti gli oggetti che possono. Alcuni riciclatori mettono i contenitori per il riciclaggio in luoghi pubblici, aree residenziali e zone industriali per facilitarne la raccolta. Le persone possono gettare i loro rifiuti di plastica in questi bidoni. Il

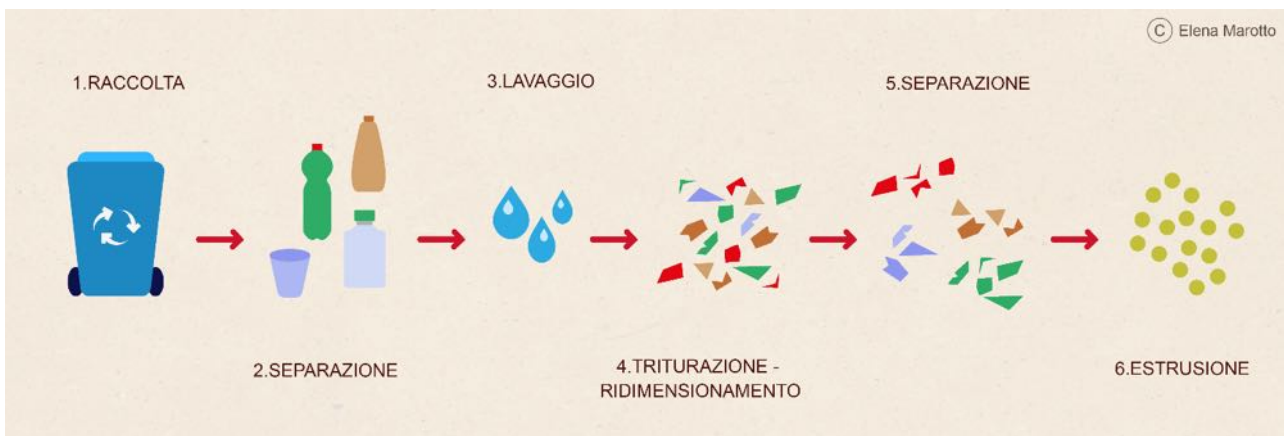


materiale plastico inserito nei bidoni viene raccolto da un'autorità locale direttamente o utilizzando un appaltatore per la gestione dei rifiuti.

- 2) **Separazione:** questa seconda fase consiste nello smistare la plastica da altri materiali e ciò viene effettuato presso un impianto di recupero dei materiali. Questo materiale può, quindi, essere destinato a una struttura di recupero della plastica per un ulteriore smistamento nei diversi tipi di plastica. Le materie plastiche differiscono per dimensioni, colore, spessore e utilizzo. In questo processo, le macchine per il riciclaggio selezionano la plastica in base alle proprietà del materiale. Spesso, il colore e il contenuto di resina nella plastica sono la base su cui i riciclatori selezionano la plastica ([www.conserve-energy-future.com](http://www.conserve-energy-future.com)). Una serie di tecniche viene utilizzata per separare il materiale pronto per ulteriori lavorazioni. Le tecniche maggiormente impiegate sono: raccolta manuale, vagli rotativi, separatori del cartone, separatore balistico, magneti separatore, separatori a correnti parassite per metalli non ferrosi, selezionatrice ottica, separatore per densità. Una volta che il diverso materiale è stato selezionato, sarà trasferito a un riprocessatore di plastica per la fase successiva.
  
- 3) **Lavaggio:** dopo la selezione dei diversi tipi di plastica, i materiali vengono lavati per rimuovere le impurità (etichette, sporco e particelle varie). Il lavaggio serve a rimuovere anche la colla e le sostanze chimiche che i materiali plastici possono contenere. Il lavaggio è fondamentale perché la mancata rimozione delle impurità può danneggiare il nuovo prodotto. Inoltre, i contaminanti contenuti nei prodotti in plastica non sono materie plastiche e potrebbero non essere riciclabili.
  
- 4) **Triturazione e ridimensionamento:** è impossibile riciclare la plastica nella sua forma originale ed è, quindi, necessario ridimensionare il materiale plastico in una forma che possa essere riciclata. In questo processo, i materiali verranno inseriti in speciali trituratori per ridurre la plastica in frammenti, in modo da renderla più comoda da lavorare rispetto a quando era nella sua forma originale. Il ridimensionamento rende anche più facile identificare elementi, come il metallo, che i riciclatori non sono riusciti a separare durante il lavaggio.
  
- 5) **Separazione:** il processo successivo consiste nell'identificare e separare i materiali plastici. In questo processo, le particelle di plastica vengono sottoposte a diverse

procedure con l'obiettivo di identificare la classe e la qualità della plastica. I materiali plastici vengono, quindi, separati in base alle loro caratteristiche (qualità e densità) per le successive lavorazioni. Questo passaggio identifica anche altre qualità, come il colore e il punto di fusione della plastica. Dopo il processo di identificazione e separazione, le particelle di plastica vengono inviate al processo finale.

6) **Estrusione**: è il processo finale nel riciclaggio della plastica. In questo passaggio i riciclatori trasformano le particelle di plastica in materiali che i produttori possono riprodurre. L'estrusione comporta la rottura e la fusione delle particelle di plastica per creare *pellet* (sferette) omogenei da utilizzare come materia prima per la creazione di nuovi prodotti.



## 9. Quali sono i vantaggi e i limiti della raccolta differenziata?

Se ancora non è chiaro il perché oggi sia assolutamente necessario eseguire una corretta e percentualmente alta raccolta differenziata della plastica, vediamo insieme quali sono i principali vantaggi che l'ambiente e le nostre comunità possono trarre dal suo riciclo ([www.conserve-energy-future.com](http://www.conserve-energy-future.com)):

- riduce la quantità di rifiuti che finisce negli oceani
- riduce il rilascio di anidride carbonica e gas nocivi nell'ambiente
- conserva lo spazio utilizzato come discarica, consentendo di utilizzare tali discariche per altri scopi
- consente di risparmiare petrolio che i produttori potrebbero utilizzare per produrre nuova plastica
- riduce l'energia che i produttori consumano nella creazione di nuovi prodotti
- previene il riscaldamento globale
- riduce l'insorgere di ogni forma di inquinamento

- aiuta a ridurre attività come la deforestazione che si verificano quando si produce nuova plastica
- incoraggia uno stile di vita sostenibile tra le persone
- crea nuovi posti di lavoro
- crea entrate aggiuntive per il governo e le organizzazioni private

Sicuramente esistono anche dei limiti al massiccio ricorso al riciclo della plastica, i più importanti dei quali sono qui elencati.

- 1) **Economico**: per alcuni materiali plastici, soprattutto per le plastiche termoindurenti, il costo del processo di lavorazione può essere decisamente superiore rispetto alla produzione di nuova plastica
- 2) **Cicli di riconversione**: una caratteristica poco conosciuta è che numerose materie plastiche, come ad esempio il polipropilene utilizzato in moltissimi prodotti (imballaggi, bottiglie e confezioni per alimenti, detersivi e cosmetici, tappi, componenti per auto, etc.), possono essere riciclate solo un certo numero di volte prima che perdano definitivamente le loro caratteristiche fisico-meccaniche e debbano essere poi smaltite mediante la termovalorizzazione o il conferimento in discarica. Il polipropilene, ad esempio, può subire fino a 3 cicli di riconversione prima di diventare inutilizzabile
- 3) **Qualità del materiale**: alcuni materiali plastici teoricamente riciclabili vengono talvolta esclusi dai processi di riciclo per una serie di motivi, che vanno dalla contaminazione da parte di altre sostanze che non riescono ad essere eliminate durante i diversi processi visti precedentemente, fino al fatto che alcune aziende preferiscono creare materie plastiche vergini invece di incorporare materie plastiche riciclate nella loro produzione

## 10. Cosa s'intende per recupero energetico dalle plastiche?

Innanzitutto, è importante specificare che, quando si considera il recupero energetico, la **quarta R** nel processo di gestione dei materiali plastici non prevede un classico incenerimento che produce un basso o nullo recupero di energia, bensì una termovalorizzazione, vale a dire incenerimento e coincenerimento con forte recupero di energia, sicuramente preferibile allo smaltimento in discarica.

Il recupero di energia è una valida alternativa per le frazioni di rifiuti ricche di materie plastiche che non possono essere riciclate in altro modo a causa di diversi fattori, quali:

- la quantità, la pulizia e la composizione del flusso di rifiuti raccolti
- le tecnologie disponibili per la loro separazione
- requisiti dettati dal mercato in termini di qualità e standard per il materiale riciclato che potrebbero limitare l'adeguatezza del riciclo della plastica
- il raggiungimento del fine-vita dei prodotti plastici dopo un certo numero di cicli di riconversione

Le materie plastiche, essendo costituite fondamentalmente da idrocarburi, hanno un elevato potere calorifico, superiore alle 5.000 kilocalorie/kg, paragonabile a quello ottenuto dal carbone e dall'alcool etilico ([www.conserve-energy-future.com](http://www.conserve-energy-future.com)).

La termovalorizzazione dei materiali plastici è possibile tramite impianti specializzati (ad esempio i cementifici o i termovalorizzatori di ultima generazione) in sostituzione dei combustibili fossili, che garantiscano ovviamente la sicurezza, il rispetto dell'ambiente e l'efficienza energetica. Secondo ESWET (*European Suppliers of Waste-to-Energy Technology*) si deve andare verso un approccio il più possibile integrato nella gestione della plastica. Ciò vale a dire verso un'economia circolare che massimizzi il valore delle risorse e, in linea con la gerarchia europea per la gestione dei rifiuti, sfruttarne il potenziale energetico ([www.eswet.eu](http://www.eswet.eu)).

Certo è che vanno considerati anche gli svantaggi legati a una grande espansione della combustione dei rifiuti plastici. Innanzitutto, non è facile trovare la giusta ubicazione per gli impianti di termovalorizzazione, poiché nessuno vuole vivere vicino a un impianto dove vanno e vengono centinaia di camion di rifiuti al giorno. Gli impianti di termovalorizzazione sono costosi da costruire e da tenere in funzione e, poiché sono più efficienti se lavorano un flusso costante di rifiuti, occorre spesso trasportare materiale da molto lontano, aggravando il problema precedente ([www.nationalgeographic.it](http://www.nationalgeographic.it)). Infine, tali impianti possono emettere bassi livelli di inquinanti tossici, come diossine, furani e metalli pesanti. Gli impianti moderni impiegano sofisticati depuratori, precipitatori elettrostatici e filtri per catturare questi composti, ma come afferma il *World Energy Council* "queste tecnologie sono utili fintanto che gli impianti di combustione sono gestiti correttamente e le emissioni sono controllate" ([www.worldenergy.org](http://www.worldenergy.org)).

## 11. In cosa consiste lo smaltimento della plastica?

Nella gerarchia più conveniente della gestione dei rifiuti plastici, lo smaltimento in discarica è sicuramente il metodo meno appropriato dal punto di vista dell'ecosostenibilità. Negli ultimi decenni, infatti, questo metodo si è sempre più ridotto in Europa, in quanto quarant'anni fa il 100% dei materiali plastici veniva conferito nelle discariche, con un elevato rischio di una nuova dispersione in ambiente sia della plastica che delle sostanze legate ai diversi materiali polimerici. Negli ultimi 15 anni, come riportato nel *report* di PlasticsEurope del 2021 (Plastics – The Facts, 2021; [www.plasticseurope.org](http://www.plasticseurope.org)), la situazione europea della gestione dei rifiuti in plastica è completamente cambiata, in quanto si è verificato un aumento di più del doppio (117%) dei materiali inviati al riciclo, un aumento di circa il 77% dei rifiuti plastici destinati al recupero energetico e, corrispondentemente, un calo di oltre il 46% delle plastiche smaltite in discarica. In termini assoluti, oggi in Europa il 34,6% della plastica viene riciclato, il 42% serve per il recupero energetico e il 23,4% è destinato ad essere conferito nelle discariche ([www.plasticseurope.org](http://www.plasticseurope.org)). Tali livelli di riciclo, purtroppo, non sono così alti nel resto del Mondo, in quanto negli Stati Uniti viene riciclato solo il 9% del materiale plastico, e una percentuale prossima allo zero nei Paesi in via di sviluppo ([www.nationalgeographic.it](http://www.nationalgeographic.it)).



Dal problema della gestione dei materiali plastici, appare chiaro il cambiamento di paradigma che si è verificato in questi ultimi anni nel considerarli non più semplici rifiuti da conferire in discarica o bruciare negli inceneritori, ma come una possibile risorsa all'interno dell'ampia problematica dell'economia circolare. Così facendo, otterremo nuovo valore dai prodotti e dai materiali plastici, studiando tutte le fasi di vita di un manufatto, dalla progettazione, alla fabbricazione, al riuso, al riciclo e all'eventuale recupero energetico. In tutto ciò, appare fondamentale il nostro contributo attivo in almeno due processi consistenti nel riuso e nella corretta raccolta differenziata. E' importante anche l'educazione delle generazioni future e l'attività regolatoria nel trovare soluzioni sempre più innovative ed ecosostenibili, oltre che economicamente praticabili, per contenere l'inquinamento da rifiuti di plastica che sta sempre più minacciando gli ecosistemi acquatici e terrestri del Pianeta.



### **Che cosa puoi fare tu?**

Sebbene sia utopistico eliminare dal Pianeta in maniera definitiva qualsiasi oggetto di plastica, risulta comunque fondamentale ridurre il nostro utilizzo quotidiano. Un primo passo è stato fatto vietando, con una legge entrata in vigore in Italia il 14 gennaio 2022, l'utilizzo di plastica monouso. Il cittadino, in questo senso, ha un potere enorme e ha la responsabilità di scegliere prodotti senza o con un quantitativo limitato di imballaggio, utilizzare, dove possibile, borracce per ridurre l'utilizzo di acqua in bottiglia e, soprattutto, effettuare una raccolta differenziata corretta e consapevole.

## **Bibliografia e sitografia**

Crawford C.B., Quinn B. (2016). Microplastic Pollutants, 1st ed. Elsevier Limited: Amsterdam, The Netherlands.

ISPRA, 355, 2021. Rapporto rifiuti urbani - Edizione 2021.

<https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/rapporto-rifiuti-urbani-edizione-2021>

Plastics Europe, (2021). <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2021/>

Plastics Europe, (2023). <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2023/>

[www.amsa.it](http://www.amsa.it)

[www.conserve-energy-future.com](http://www.conserve-energy-future.com)

[www.corepla.it](http://www.corepla.it)

[www.economiacircolare.com](http://www.economiacircolare.com)

[www.eswet.eu](http://www.eswet.eu)

[www.openpolis.it](http://www.openpolis.it)

[www.plasticseurope.org](http://www.plasticseurope.org)

[www.portarifiuti.info](http://www.portarifiuti.info)

[www.worldenergy.org](http://www.worldenergy.org)

[www.zerosprechi.eu](http://www.zerosprechi.eu)



# CAPITOLO 4. Farmaci: Uomo e Ambiente

Antonio Finizio





Conoscete questo albero? È un platano e si trova sull'isola di Coo (Kos) in Grecia.



Il platano di Ippocrate appartiene alla specie *Platanus orientalis*.

Secondo la leggenda, Ippocrate (Coo, 460 a.C. della foto circa - Larissa, 377 a.C.), considerato il padre fondatore della medicina, insegnava ai suoi discepoli l'arte di guarire il prossimo. Ancora oggi, i medici per iniziare la loro professione prestano il cosiddetto "**giuramento di Ippocrate**".

L'albero della foto ha un'età stimata di circa 500 anni. L'esemplare potrebbe essere un antico discendente di quel platano che cresceva nello stesso luogo ai tempi di Ippocrate.

#### Il Platano di Ippocrate a Coo (Kos, Grecia)

Si racconta che, sotto questo albero 2500 anni fa, Ippocrate insegnasse ai suoi adepti i segreti dell'arte della guarigione e della medicina di cui è considerato il padre fondatore. In realtà, l'utilizzo di piante e minerali per auto curarsi nasce molto prima di Ippocrate; è qualcosa di primordiale ed istintivo che scaturisce dalla lotta per la sopravvivenza di ciascun individuo e della specie a cui appartiene. Dagli antichi sciamani e dagli stregoni-medici fino alla moderna medicina, la comprensione delle cause di una malattia è finalizzata a scoprire le giuste terapie (per approfondire la storia del farmaco: <https://www.pphc.it/storia-del-farmaco/>). Nel corso dei secoli si è passati dall'impiego di erbe medicinali o sostanze minerali trovate in natura alla produzione di nuove molecole sintetiche (farmaci) efficaci nella cura e/o prevenzione di una specifica malattia. L'uomo ha, poi, applicato la stessa logica sia alla cura degli animali che gli davano cibo (zootecnia, per finalità zootecniche quindi alimentari) sia alla cura di quelli da compagnia o affezione, ovvero tutti quegli animali allevati senza fini produttivi o alimentari (cani gatti, cavalli, ecc.), compresi quelli che svolgono attività utili all'uomo, come i cani per disabili, gli animali da pet-therapy o da riabilitazione.

## 1. Che cosa si intende per farmaco?

Per farmaco si intende solo una sostanza con effetti benefici per la salute umana?

I farmaci hanno anche loro un ciclo di vita, una volta utilizzati dove finiscono?

In greco, *pharmakon* (φάρμακον) vuol dire “rimedio, medicina”, ma anche “veleno”.

Infatti, la definizione di farmaco riportata nel [vocabolario Treccani](#) è:

*“qualsiasi sostanza, inorganica o organica, naturale o sintetica, **capace di produrre in un organismo vivente modificazioni funzionali, utili o dannose**, mediante un’azione chimica, fisico-chimica o fisica”.*”

Un farmaco, quindi, è un prodotto in grado di agire sulle funzioni di un organismo vivente, favorendo un **effetto terapeutico** (guarigione) nell’uomo o nella specie che si vuole proteggere (rispettivamente: farmaci ad uso umano e farmaci veterinari). Molto spesso, questo avviene a scapito di altri organismi viventi, responsabili dell’insorgenza della malattia (si pensi agli antibiotici o agli antiparassitari) e per i quali il farmaco rappresenta un **potente veleno**.

Stando alle statistiche, negli ultimi cento anni la durata media di vita di un uomo è di molto allungata (in alcuni casi è raddoppiata). Per restare nel nostro paese, alla fine del 1800, la speranza di vita di un italiano si fermava intorno ai 50 anni. Oggi, ogni bambino che nasce ha un’attesa di vita di oltre 78 anni. Le cause, ovviamente, sono molteplici e vanno ricercate soprattutto nel miglioramento della qualità dello stile di vita, in buona parte derivante dal progresso nel campo delle conoscenze scientifiche. La lista sarebbe molto lunga: l’introduzione di sieri e vaccini, la teoria dei germi sviluppata da Pasteur (1822-1895) ed infine l’impiego di antibiotici. Infatti, l’introduzione dei sieri e dei vaccini (ad es. contro la difterite, il tetano e il vaiolo), la diffusione delle tecniche di pastorizzazione del latte e della clorazione dell’acqua potabile, nonché la scoperta della penicillina, un antibiotico, da parte di Alexander Fleming nel 1929, hanno sicuramente rappresentato il passaggio fondamentale nel fornire le armi necessarie a combattere le malattie infettive.

Nei decenni successivi, agli antibiotici si sono aggiunte altre forme di terapie con i farmaci antipertensivi, antidiabetici, antineoplastici, antidolorifici, antipiretici, antidepressivi e molti altri ancora che hanno contribuito al mantenimento del benessere e alla sopravvivenza di molti esseri umani.





Il risultato di tutto ciò è evidente, la disponibilità di trattamenti sempre più efficaci ha contribuito enormemente al processo di crescita della popolazione mondiale. Ad esempio nel nostro Paese, si è passati da circa ventidue milioni di abitanti nel 1861 (proclamazione del Regno d'Italia) agli attuali sessanta milioni. In questo periodo, il tasso di mortalità infantile è stato quasi completamente abbattuto: verso la fine del 1800 morivano nel primo anno di vita oltre 200.000 bambini (circa l'uno per cento della popolazione italiana), mentre oggi la mortalità in questa fascia di età è quasi del tutto assente ([se vuoi approfondire](#) com'è cambiata la salute degli italiani). La durata della nostra esistenza è sicuramente allungata proprio grazie alle possibilità di cure.

Dal punto di vista macroeconomico e del mercato del lavoro, la produzione di farmaci ha anche un altro risvolto rilevante. Infatti, il mercato farmaceutico rappresenta una voce significativa del valore della produzione di beni e servizi su scala globale. Negli ultimi venti

anni il mercato farmaceutico è cresciuto enormemente, raggiungendo la cifra di 1,27 trilioni di dollari nel 2020 ([se vuoi approfondire](#) dati statistici e fatti). Inoltre, si stima che i lavoratori direttamente coinvolti in questo settore siano oltre quattro milioni e mezzo, senza considerare l'indotto. Un altro beneficio particolarmente importante, derivante dall'uso dei farmaci, riguarda la zootecnia finalizzata a far fronte alla crescente richiesta globale di prodotti animali per uso alimentare. Negli ultimi 60 anni, la produzione di carne si è quadruplicata, ciò è principalmente dovuto all'intensificazione degli allevamenti (aumento della densità di animali per area) nonché ad una migliore efficienza produttiva. Oltre al miglioramento della nutrizione degli animali ed ai programmi di selezione genetica, l'impiego di farmaci veterinari (antibiotici, antiparassitari, ormoni, vaccini) ha contribuito enormemente allo incremento degli allevamenti. Ovviamente, ciò ha favorito un notevole incremento nell'uso dei prodotti farmaceutici ed in modo particolare degli antibiotici il cui consumo medio annuo per kg di animale è stimato essere superiore ai 100 mg/kg ([Falowo e Akimoladun, 2018](#)).

## **2. Ci sono dei costi da pagare?**

### ***“the dark side of the moon”*: l'altra faccia della medaglia**

Da diverso tempo si discute sui potenziali risvolti negativi legati ad un uso eccessivo dei farmaci. Proviamo ad analizzare quali!

#### **2.1 Impatto sulla salute dei consumatori**

Storicamente, ci sono numerosi esempi di farmaci ad uso umano che, fortemente sospettati di essere mutageni, cancerogeni o teratogeni, sono stati eliminati dal commercio. Il primo, e forse più eclatante, fu il caso del talidomide. Questo farmaco era venduto tra gli anni '50 - '60 come prodotto sedativo e antinausea, principalmente per le donne in gravidanza. Il ritiro dal commercio fu dovuto alla scoperta della sua teratogenicità: le donne che avevano assunto questo farmaco davano alla luce neonati con gravi alterazioni nello sviluppo degli arti ([se vuoi approfondire](#)).

L'esempio sopra riportato riguarda l'assunzione diretta di farmaci; tuttavia, molti studi hanno evidenziato potenziali effetti negativi sulla salute umana per assunzione indiretta tramite alimentazione. Infatti, mangiare carne, o altri prodotti come latte e uova può portare all'introduzione indesiderata di residui di farmaci impiegati negli allevamenti.

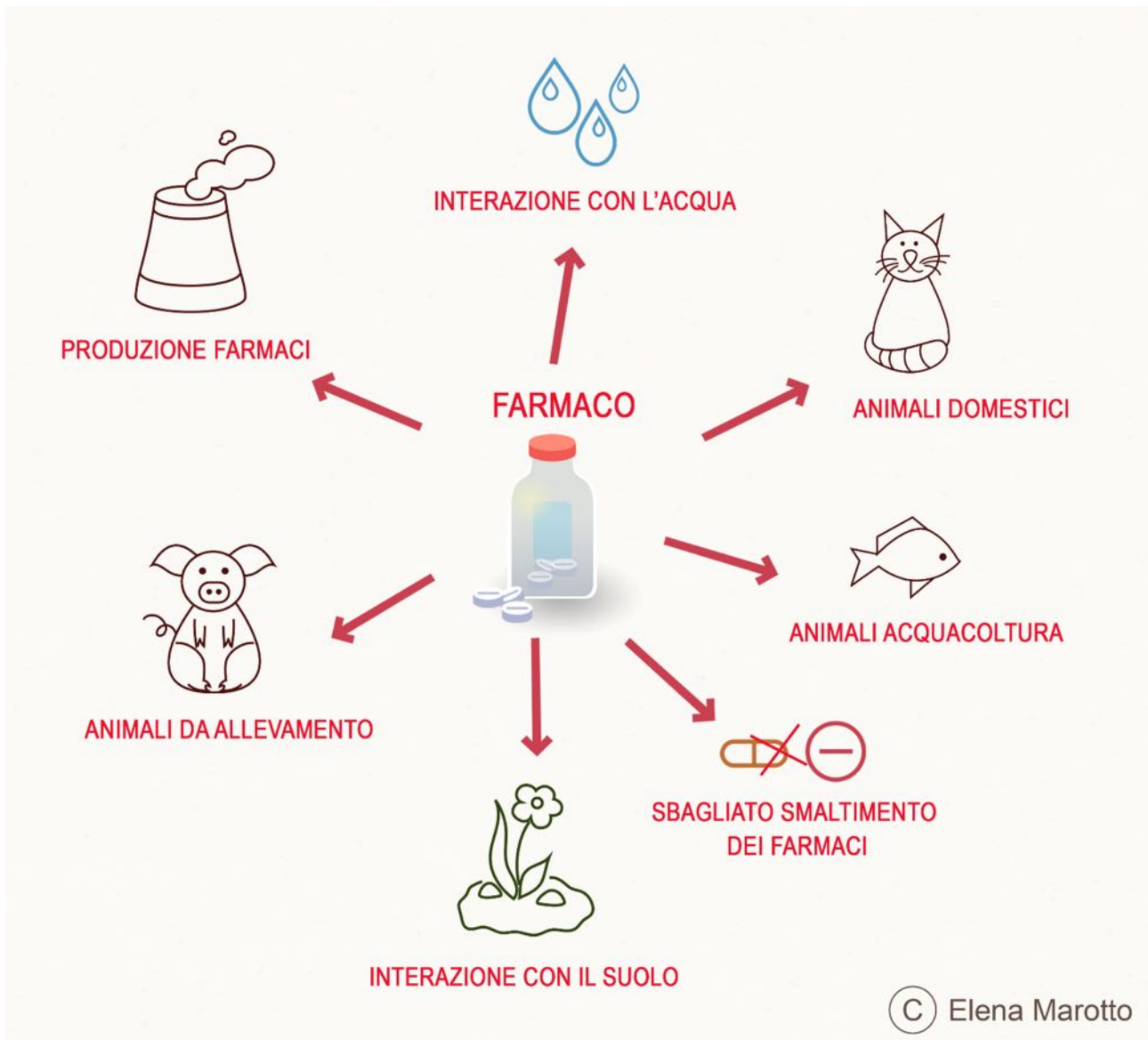
Negli anni '80 ad esempio ci fu uno scandalo legato alla segnalazione di ormoni negli omogeneizzati che provocavano ginecomastia (ingrossamento del tessuto mammario nei maschi), telarca (inizio dello sviluppo del seno nelle ragazze) prematuro e pubertà precoce

nei bambini. Gli ormoni erano usati a scopo anabolizzante, per far crescere l'animale più velocemente, e per favorire la ritenzione idrica che comportava un aumento notevole del peso dell'animale (è anche vero che quando la carne veniva cotta restava ben poco in quanto l'acqua evaporava). Tranquillizziamoci subito: oggi questo non è più possibile in quanto l'uso degli ormoni è stato vietato in UE fin dal 1996, con l'introduzione della direttiva 96/22/EC. Per questo motivo anche le carni provenienti dagli USA non possono essere importate, nel caso in cui non rispettino i nostri standard di sicurezza.

Inoltre, tra i residui di farmaci veterinari che si possono ritrovare negli alimenti, occupano un posto di rilievo gli antibiotici ([EFSA, 2020](#)). Alcuni studi affermano che tra il 4 e il 10% della popolazione umana sia allergica alla penicillina. Consumando prodotti a base di carne alcuni individui possono manifestarsi eruzioni cutanee o anche reazioni allergiche acute ([Tomei et al., 2023](#)).

## **2.2 I farmaci nell'ambiente: impatto sulla funzionalità degli ecosistemi**

Ogni sostanza, una volta rilasciata nell'ambiente, tende a distribuirsi tra i diversi comparti in funzione delle sue proprietà chimico-fisiche (es. una sostanza molto solubile in acqua tenderà a trasferirsi in questo comparto). Nel percorso possono intervenire alcuni processi che portano alla totale o parziale degradazione della sostanza. Non fanno eccezione i farmaci che, indipendentemente dal loro impiego (umano o veterinario) inevitabilmente raggiungono l'ambiente naturale scambiandosi anche tra le matrici acqua, aria e suolo. Bisogna considerare che della dose assunta dal paziente (uomo o animale che sia), solo una piccola quantità della sostanza attiva sarà efficace ed utilizzata contro la malattia che si vuole debellare; il resto verrà metabolizzato e alla fine escreto sia come metabolita che come molecola farmaco tal quale. Da quel momento in poi la sostanza attiva e gli eventuali metaboliti saranno liberi di distribuirsi nell'ambiente e di raggiungere gli organismi naturali espletando in molti casi effetti simili se non più gravi.



### 2.2.1 Ciclo ambientale del farmaco

Le principali vie di ingresso dei farmaci nell'ambiente sono rappresentate da:

- medicinali utilizzati dall'uomo che, se non completamente metabolizzati, finiscono nel sistema fognario. A questi si devono aggiungere i prodotti scaduti che vengono eliminati in maniera impropria (bisogna utilizzare i contenitori presenti in tutte le farmacie per disfarsi dei farmaci scaduti!);
- ospedali nei cui scarichi finiscono le sostanze espulse dai pazienti;
- fertilizzanti (letame impiegato come fertilizzante) che prevedono il reimpiego di rifiuti solidi e liquidi di animali da allevamento trattati;
- industria: scarichi industriali (controllati o abusivi) nei processi di produzione;
- discariche: numerosi rifiuti pericolosi finiscono nel suolo.

Nel momento in cui un farmaco viene immesso nei sistemi ambientali entra in contatto con organismi animali e/o vegetali provocando effetti più o meno gravi (fino alla morte) a seconda delle sue proprietà tossicologiche, dei livelli raggiunti nell'ambiente e della tipologia di organismo esposto (l'etimologia della parola farmaco include quella di veleno!). Gli ecosistemi naturali sono caratterizzati da una fitta rete di relazioni (intra ed interspecifiche); pertanto gli effetti su una specie si possono ripercuotere negativamente su altre ed in ultima analisi sulla struttura e funzionalità ecosistemiche. La letteratura scientifica è piena di studi riguardanti l'interferenza dei farmaci sulle dinamiche di popolazioni di singole specie e sulle conseguenze a livello ecosistemico. Per ragioni di spazio ci limiteremo a pochi esempi chiarificatori.



### 2.2.2 Il caso degli avvoltoi in Asia

Comunemente si assumono antinfiammatori non steroidei noti come FANS di cui il più comune è il diclofenac che, contenuto nei farmaci Deflamat®, Diclorem® , Flector®, Solaraze®, Voltaren Emulgel® viene utilizzato anche nella medicina veterinaria. Circa 20 anni fa, alcuni studi hanno evidenziato che i residui di questo farmaco, presenti nelle carcasse degli animali trattati con diclofenac, erano all'origine della riduzione delle popolazioni di avvoltoi in alcune regioni dell'Asia (principalmente in Pakistan e India). In quelle aree, infatti, gli animali allevati sono lasciati liberi al pascolo e in caso di morte le loro carcasse rimangono alla mercé degli avvoltoi, noti saprofagi, che si nutrono delle carcasse in decomposizione (vi ricordate il film Era Glaciale 2: gli avvoltoi cantano "... cibo che fa sognare, Oh dolci carcasse..."). I residui di diclofenac nelle carcasse degli animali



morti erano in grado di provocare un'insufficienza renale negli avvoltoi fino a causarne la morte (Negli anni '80 si stimavano in India circa 40 milioni di esemplari di avvoltoio contro gli attuali 100.000. Nel 2006, in India è stata vietata la prescrizione del diclofenac per le specie allevate, comunque la crescita nel numero degli avvoltoi risulta essere molto lenta forse a causa di usi illegali del diclofenac.

### *A livello ecologico cosa comporta il declino degli avvoltoi?*

Si tratta di animali essenziali per gli ecosistemi, in quanto la loro presenza evita la proliferazione di germi patogeni prodotti dalla putrefazione della carne delle carcasse (non a caso l'avvoltoio è soprannominato "lo spazzino dell'ambiente"). È stato dimostrato che la diminuzione del numero di avvoltoi è una delle cause dell'aumento di casi di infezioni da rabbia, una malattia trasmessa dai cani alle persone. Venendo a mancare l'azione "pulitrice" degli avvoltoi le carcasse dei cani randagi restano in giro favorendo la proliferazione del virus responsabile della malattia. C'è poi un aspetto culturale strettamente connesso alla scomparsa degli avvoltoi e che riguarda la popolazione dei Parsi (una piccola comunità religiosa prevalentemente insediata verso Mumbai in India). La loro tradizione prevede l'esposizione dei defunti all'aperto perché siano mangiati dagli avvoltoi (le ossa vengono riposte nei cimiteri una volta pulite dagli uccelli). Il declino delle popolazioni di avvoltoi ha fatto sì che i corpi dei defunti restino esposti più a lungo, causando anche problemi di carattere igienico.

### **2.2.3 Il caso degli interferenti endocrini**

Vi siete mai chiesti dove finiscono i residui delle pillole anticoncezionali? Esattamente come gli altri farmaci: i residui del principio attivo, eliminati attraverso urine e feci, raggiungono gli impianti di depurazione. Se, in questa fase, non subiscono processi di degradazione sono scaricati nelle acque di fiumi o laghi. Infatti, in prossimità degli impianti di trattamento, soprattutto di grandi città, si possono raggiungere concentrazioni elevate di queste sostanze ([se vuoi approfondire](#) Inquinamento da "pillola"). Le pillole anticoncezionali contengono essenzialmente ormoni; nei sistemi endocrini, queste sostanze fungono da messaggeri chimici ed in questo modo regolano l'equilibrio di molte funzioni vitali (es. accrescimento e sviluppo degli individui, funzionalità sessuale, riproduzione). Secondo alcuni studi di laboratorio, l'etinilestradiolo, un ormone semisintetico largamente utilizzato come contraccettivo o per altri scopi terapeutici (es. menopausa, ipogonadismo femminile), sarebbe in grado di interferire con il sistema endocrino dei pesci maschi e di influenzarne il normale sviluppo sessuale anche a concentrazioni estremamente basse. Inoltre, a valle di numerosi impianti di depurazione,

sono stati osservati esemplari di pesci con caratteristiche intersessuali ovvero con caratteri sessuali primari e/o secondari non definibili come esclusivamente maschili o femminili, la cui efficienza riproduttiva può essere irrimediabilmente compromessa con conseguenze sulla popolazione.

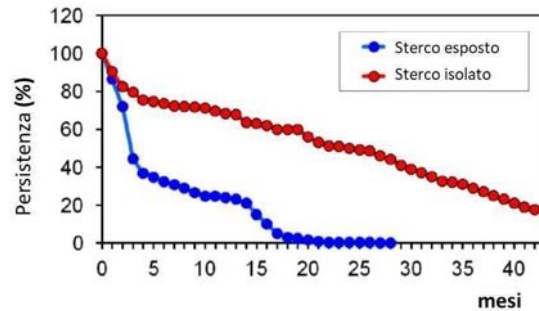
#### **2.2.4 Il caso degli insetti stercorari (principalmente artropodi che vivono nello sterco): sono presenti anche nel film Era Glaciale 2!**

Lo sviluppo di farmaci antielmintici e antiparassitari ha rappresentato una delle soluzioni più efficienti ed economiche per eliminare vermi intestinali, pulci e zecche negli animali d'allevamento e da compagnia. Tuttavia, negli ultimi anni, la comunità scientifica ha evidenziato effetti ecologici indesiderati, soprattutto nel bestiame al pascolo: le feci contenenti i residui dei farmaci, sono rilasciate all'aperto. I ditteri (mosche) del letame, i coleotteri coprofagi e gli anellidi (comuni lombrichi) sono gli organismi più importanti che formano la comunità che colonizza lo sterco nei pascoli. Con il loro incessante lavoro, scavano gallerie che indeboliscono gli escrementi e, soprattutto trasportando spore di funghi tellurici e microrganismi sul loro tegumento, fungono da inoculo e da innesco nella decomposizione e degradazione del materiale organico (processo di maturazione). In tali condizioni lo sterco diventa progressivamente parte integrante del suolo, garantendone e addirittura aumentandone la fertilità. Nell'immagine sotto sono presenti alcune fasi di trasformazione dello sterco grazie all'azione di questa fauna specializzata.



#### **Fasi di trasformazione nel tempo dello sterco per azione della fauna stercoraria**

Alcuni esperimenti hanno dimostrato che impedendo meccanicamente la colonizzazione dello sterco dalla fauna stercoraria si assiste ad un ritardo impressionante nel tempo di degradazione dello stesso.

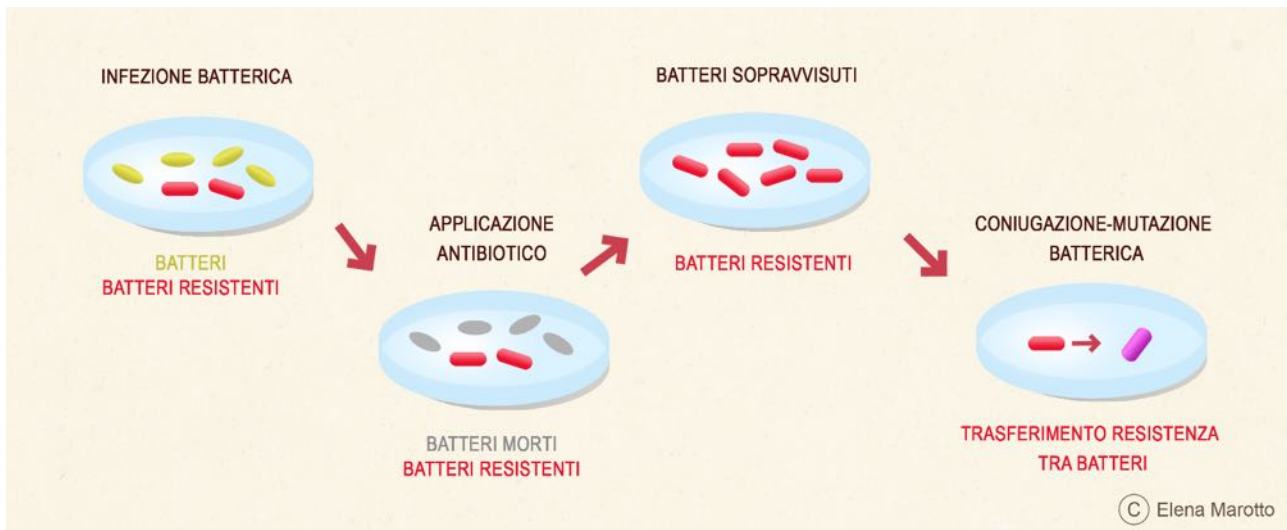


Risultati di un esperimento sui tempi di degradazione dello sterco in assenza o presenza di fauna stercoraria ([Lumaret et al., 2013](#)).

Il problema ambientale nasce dal fatto che alcune sostanze, utilizzate come antiparassitari negli animali al pascolo (es. ivermectina), sono estremamente tossiche sulla fauna stercoraria o fauna dello sterco. Infatti, alcuni studi ([qualche informazione in più](#)) hanno dimostrato una riduzione di oltre il 30% della comunità di artropodi presente nello sterco trattato con ivermectina rispetto ad un controllo (sterco non trattato). Di fatto, queste sostanze potrebbero impedire o ritardare enormemente il processo di maturazione dello sterco, innescando dei processi di alterazione ecosistemica nei pascoli (riduzione della biodiversità, alterazione nei processi di formazione dell'humus e perdita della fertilità).

### 2.2.5 Il caso dell'antibiotico resistenza

Il problema dell'antibiotico resistenza costituisce un'emergenza a livello mondiale, in quanto si teme che nel prossimo futuro non avremo più a disposizione "armi" efficaci per contrastare le infezioni. Nell'immagine sotto viene riportato schematicamente il processo che porta all'insorgenza di questo fenomeno.



### *Fasi di sviluppo del fenomeno di antibiotico resistenza*

La resistenza agli antibiotici è un fenomeno naturale che ci riporta al concetto di selezione naturale ed adattamento di darwiniana memoria. Di fronte ad una qualsiasi pressione ambientale (per i batteri l'antibiotico rappresenta un problema), alcuni individui potranno presentare nel proprio genoma dei caratteri (geni), che ne conferiscono la capacità di sopravvivere e di riprodursi. Inoltre, durante le fasi di moltiplicazione (questo avviene anche più volte in un'ora), i batteri devono replicare il proprio DNA. In questo processo si possono verificare alcuni errori di trascrizione (mutazioni). Il caso vuole che le mutazioni si possano rivelare utili alla sopravvivenza, in quanto conferiscono il carattere di resistenza agli antibiotici. Infine, i batteri possono anche acquisire l'antibiotico-resistenza durante la coniugazione batterica, dove avviene una trasmissione di piccoli pezzi di DNA (plasmidi) tra batteri (anche di specie differenti); in questo scambio possono essere trasferiti anche i geni della resistenza. Tutti questi processi porteranno nelle generazioni successive ad un aumento della frequenza di quei caratteri all'interno della popolazione e, di conseguenza, ad un allentamento della pressione esercitata dall'ambiente (la popolazione diventa resistente). La permanenza di caratteri, che conferiscono una particolare resistenza nel pool genetico di una popolazione, dipenderà molto dalla necessità di mantenere alta e stabile la loro frequenza tra gli individui. Infatti, se quella particolare pressione ambientale è discontinua o è sufficientemente bassa, la frequenza di quel carattere tenderà a ridursi. Nel caso specifico, il problema nasce proprio dall'uso eccessivo (spesso non corretto) di antibiotici ad uso umano e veterinario, che rende la loro presenza nell'ambiente ubiquitaria ([se vuoi approfondire](#)). Questo ha amplificato il processo di selezione naturale, portando alla moltiplicazione e proliferazione di batteri resistenti in quanto unici in grado di farlo in quelle circostanze particolari.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità indica che la resistenza agli antibiotici è presente ormai in ogni paese ([se vuoi approfondire](#)). In alcuni paesi, a causa della resistenza, gli antibiotici non funzionano in più della metà delle persone trattate per infezioni da *Klebsiella pneumoniae*. Quest'ultima è la principale causa di infezioni acquisite in ospedale come polmonite, infezioni del flusso sanguigno e infezioni nei neonati e nei pazienti in terapia intensiva. Lo stesso discorso vale per *Escherichia coli*; in molte parti del mondo i trattamenti con antibiotici risultano inefficaci in più della metà dei pazienti. Ovviamente, è inutile dire che i pazienti con infezioni causate da batteri resistenti ai farmaci sono maggiormente a rischio di esiti clinici peggiori e di morte.



In questo capitolo, abbiamo provato a mettere sul piatto della bilancia i benefici ed i rischi derivanti dall'uso dei farmaci. È indubitabile che il loro impiego abbia rappresentato, e rappresenti ancora, un fattore importantissimo per curare le malattie, alleviare le sofferenze dei pazienti e, in ultima analisi, per l'allungamento dell'attesa di vita nella popolazione umana. Tuttavia, come spesso succede, il loro utilizzo può comportare dei rischi. Infatti, bisogna sempre aver presente che i farmaci sono sostanze tossicologicamente attive (interferiscono con le funzioni biologiche) e che la loro presenza genera delle risposte negli individui. Il loro uso stimola reazioni desiderate, ma a volte no (ricordate? la parola farmaco vuol dire rimedio ma anche veleno). A tal proposito, abbiamo riportato alcuni esempi storici di effetti collaterali molto gravi sulla salute umana; ma, a ben vedere, se leggete il foglietto illustrativo presente nella confezione dei farmaci (il famoso bugiardino) potreste trovare una lunga serie di controindicazioni. Mentre gli studi sul rischio per la salute umana sono sempre stati molto approfonditi e continuamente aggiornati, è solo da qualche tempo che i farmaci sono stati oggetto di attenzione in relazione al loro potenziale impatto ambientale. Di fatto, il rilascio di grosse quantità di queste sostanze nell'ambiente potrebbe contribuire alla perdita della biodiversità su scala globale; gli esempi che abbiamo riportato nei paragrafi precedenti potrebbero essere solo la punta di un iceberg. Certamente non si può rinunciare all'uso di farmaci (a meno che non si tratti di scelte personali!) e quindi bisogna trovare delle soluzioni che passano attraverso il ruolo delle istituzioni, della ricerca scientifica e del comportamento di ciascuno di noi. A livello istituzionale, l'Organizzazione Mondiale della Sanità e i Ministeri della Salute presenti nei vari Paesi svolgono sicuramente un ruolo fondamentale nel monitoraggio e nella prevenzione del rischio dall'uso di queste sostanze. Si pensi alla



normativa dell'istituto della farmacovigilanza o alla definizione dei residui massimi ammissibili di farmaci negli alimenti. Inoltre, in UE è presente l'Agenzia Europea del Farmaco (EMA: *European Medicine Agency*) che, tra le altre attività, autorizza l'immissione sul mercato di nuovi farmaci ad uso umano e veterinario, attraverso una preventiva ed approfondita analisi di rischio per la salute umana e per l'ambiente. Per fare un esempio attuale: i vaccini utilizzati contro il COVID-19 sono stati autorizzati da EMA solo dopo essere passati a questo vaglio.

La ricerca scientifica riveste un ruolo altrettanto importante. Gli scienziati da un lato possono continuare a mettere in luce i potenziali effetti negativi approfondendo le ricerche; dall'altro, possono cercare le migliori soluzioni per prevenirne i rischi, progettando impianti di trattamento delle acque più efficaci nell'eliminare i residui di farmaci dai reflui, oppure indirizzando la ricerca verso nuovi farmaci altrettanto o più efficaci nel combattere le malattie ma con un profilo di rischio più basso. Recentemente, la ricerca si sta anche orientando verso la riscoperta di medicine etno-veterinarie (a base di erbe). Spesso ci si dimentica che le conoscenze empiriche locali possono rivestire un ruolo importante nel coadiuvare la scienza.

### **Che cosa puoi fare tu?**

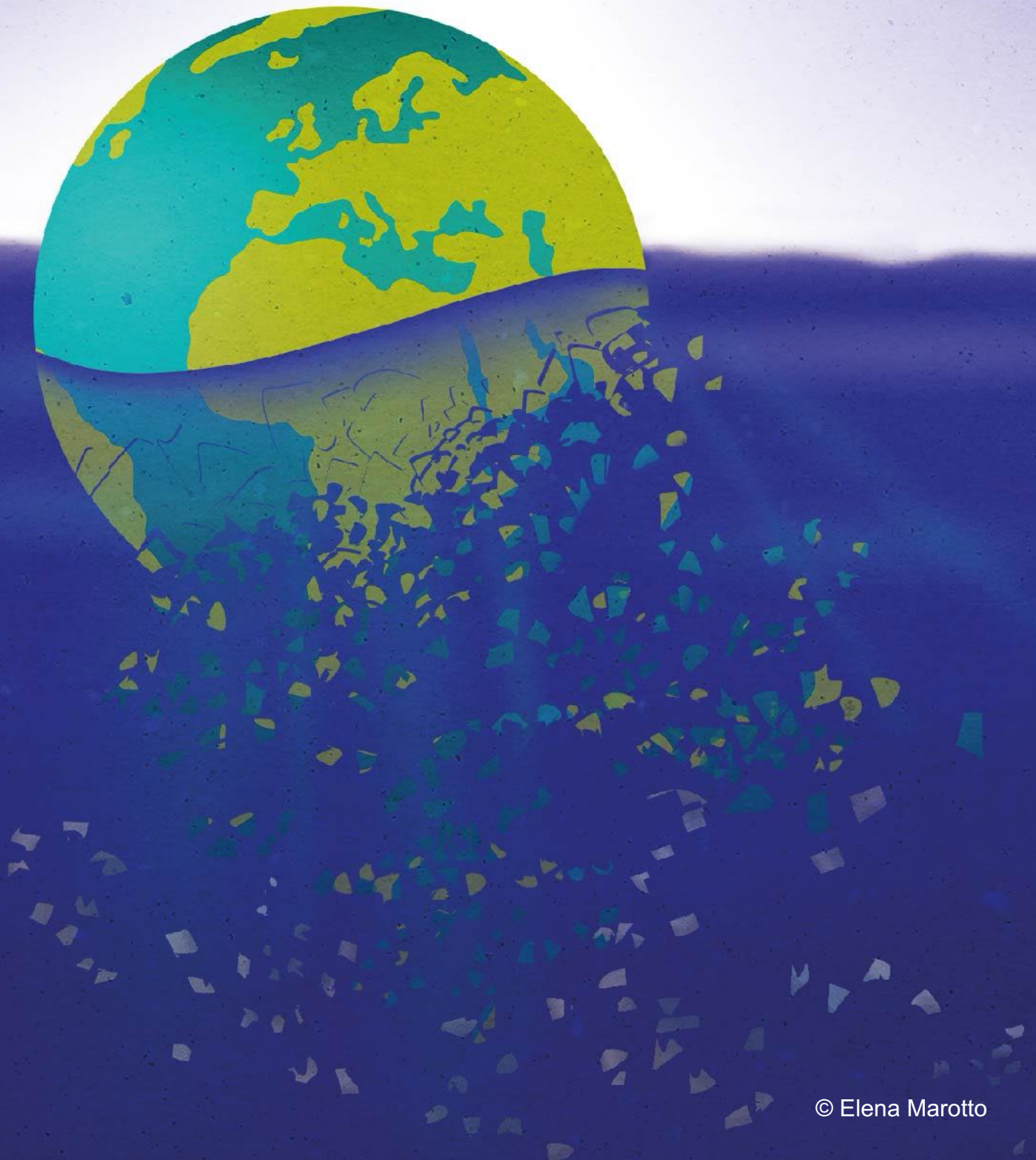
Ci dovremmo, infine, rendere conto che ciascuno di noi, con il proprio comportamento, può contribuire a ridurre i rischi. Innanzitutto, adottando degli stili di vita più sani con un'alimentazione corretta e l'attività fisica. Oggi più della metà della popolazione dei paesi sviluppati è in sovrappeso (1 su 4 è obeso) con un costo stimato pari a circa il 9% del bilancio dell'intero sistema sanitario (il sovrappeso è responsabile del 71% di tutti i costi delle cure per il diabete, del 23% dei costi delle cure per le malattie cardiovascolari e del 9% dei costi delle cure per i tumori). Bisognerebbe, pertanto, ridurre il consumo delle merendine, delle bibite gassate o del cosiddetto "*junk food*". Altrettanto importante potrebbe essere la riduzione del consumo di carne e, in particolare, di quelle trasformate (salumi). Ciò aiuterebbe anche ad abbassare la nostra impronta ecologica sul pianeta in termini di emissioni di anidride carbonica. Sembrerebbe un altro argomento, ma occorre riflettere sull'incremento delle malattie cardiovascolari in un pianeta più caldo. Infine, occorre evitare l'abuso dei farmaci ed utilizzarli solo ed esclusivamente in caso di necessità. In passato, ad ogni piccolo colpo di tosse, si interveniva con massicce dosi di antibiotici; oggi, per fortuna, i medici sono molto più cauti nella loro prescrizione proprio perché consapevoli del fenomeno dell'antibiotico resistenza.

## Bibliografia e sitografia

- Tomei L., Muraro A., Giovannini M., Barni S., Liccioli G., Paladini E., Sarti L., Pessina B., Skypala I., Novembre E., et al., 2023 Hidden and Rare Food Allergens in Pediatric Age. *Nutrients*. 2023; 15(6):1386.
- Falowo A.B. and Akimoladun O.F. (2019). Veterinary Drug Residues in Meat and Meat Products: Occurrence, Detection and Implications. In S. O. Bekoe, M. Saravanan, R. K. Adosraku, & P. Ramkumar (Eds.), *Veterinary Medicine and Pharmaceuticals*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.83616>.
- Giardina S., Castiglioni S., Corno G., Fanelli R., Maggi C., Migliore L., Sabbatucci M., Sesta G., Zaghi C., Zuccato E., 2021. Approccio ambientale all'antimicrobico-resistenza, 40 p. Rapporti ISTISAN 21/3 (scaricabile: <https://www.iss.it/documents/20126/0/21-3+web.pdf/ad2152a4-5871-18ad-df26-4164980faf90?t=1616404472633>)
- Palumbo F., Raffo E., D'Agostini F., 2011. Generalità sugli interferenti endocrini. In: *Interferenti endocrini nelle acque da destinare al consumo umano in Italia: strumenti metodologici per un'indagine conoscitiva estesa a diversi sistemi idrici (a cura di Achene L. et al.)*, 84 p. Rapporti ISTISAN 11/18 (scaricabile: [https://www.iss.it/documents/20126/45616/11\\_18\\_web.pdf/7198721b-5aaf-0ec7-8985-b9ee336faf0f?t=1581098775079](https://www.iss.it/documents/20126/45616/11_18_web.pdf/7198721b-5aaf-0ec7-8985-b9ee336faf0f?t=1581098775079))
- Farmaci teratogeni scaricabile: <https://www.microbiologiaitalia.it/farmacologia/farmaci-teratogeni-lo-scandalo-del-talidomide/>
- EFSA (European Food Safety Authority), 2020. Report for 2018 on the results from the monitoring of veterinary medicinal product residues and other substances in live animals and animal products. *EFSA supporting publication 2020: 17(3): EN-1775*. 73 pp. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2020.EN-1775>
- Agenzia Italiana del Farmaco (AIFA) scaricabile: <https://www.aifa.gov.it/-/impatto-dei-farmaci-sull-ambiente-stato-dell-arte-e-prospettive-di-una-questione-rilevante>

# CAPITOLO 5. Marine Litter

Maria Cristina Fossi e Cristina Panti



## 1. Cosa sono i rifiuti marini e quale è il loro impatto nel Mar Mediterraneo

Negli ultimi anni la presenza a livello globale dei rifiuti (in particolare quelli plastici) nell'ambiente marino e i loro effetti sugli ecosistemi risultano essere sempre più preoccupanti, causando un aumento progressivo dell'interesse da parte della comunità scientifica, delle strutture governative, delle organizzazioni internazionali e nazionali, delle ONG ambientali, dei media e dell'opinione pubblica.

Circa 10 milioni di tonnellate di rifiuti marini ogni anno finiscono oggi nei mari e negli oceani. Essi consistono in materiali solidi fabbricati o trasformati come plastica, vetro, metallo e legno. La plastica, in particolare gli imballaggi, come le bottiglie delle bibite e le buste monouso, sono di gran lunga il principale tipo di rifiuto che si trova nell'ambiente marino, ma l'elenco è lungo: reti da pesca danneggiate, cavi, prodotti per la cura personale, cottonfioc, stoviglie monouso, mozziconi di sigaretta, accendini, flaconi, ecc.

La produzione di massa della plastica è iniziata negli anni '50 ed è aumentata in misura esponenziale da 1,5 milioni di tonnellate l'anno all'attuale livello di 280 milioni di tonnellate. Un terzo dell'attuale produzione è costituito da imballaggi usa e getta che vengono utilizzati per poco tempo ma che possono persistere in ambiente per molti anni.

Il Mar Mediterraneo, in particolare, essendo un bacino semichiuso caratterizzato da uno scarso ricambio di acque superficiali con l'Oceano Atlantico, densamente popolato e sottoposto ad elevate pressioni antropiche, risulta essere una delle aree più esposte, a livello globale, alla contaminazione di rifiuti plastici ([UNEP/MAP, 2015; 2016](#)) come documentato nei numerosi studi scientifici presenti in letteratura su questo argomento ([Fossi et al., 2017; Suaria et al., 2016](#)). I diversi paesi che si affacciano sul Mediterraneo contribuiscono in maniera diversa a generare ed incrementare questo impatto a livello dell'intero bacino, tuttavia le correnti oceaniche consentono ai rifiuti di disperdersi per l'intero bacino anche lontano dalla sorgente di immissione in mare.

A partire dagli anni '80, momento in cui per la prima volta è stata evidenziata la presenza dei rifiuti marini nel bacino Mediterraneo, il numero di studi scientifici pubblicati su questa tematica è aumentato in modo costante. In particolare, negli ultimi dieci anni, il loro numero è pressoché raddoppiato, a conferma della gravità di questa problematica e della necessità di individuare strategie atte a mitigare tale fenomeno.



In questo campo un ruolo fondamentale è svolto dalla [Convenzione di Barcellona per la protezione del Mar Mediterraneo](#).

## 2. Presenza e distribuzione di macro-rifiuti e microplastiche sulla superficie e i fondali marini

La concentrazione di rifiuti marini nel bacino del Mar Mediterraneo è fortemente influenzata sia dalle diverse pressioni antropiche che vi insistono, sia dai fattori geomorfologici ed idrodinamici che lo caratterizzano come confermato da diversi modelli predittivi di distribuzione dei rifiuti ([Zambianchi et al., 2018](#)). I principali comparti ambientali sottoposti all'accumulo dei rifiuti marini sono riportati in figura.





Attualmente è stata stimata una concentrazione media di microplastiche (frammenti di plastica di dimensioni inferiori a 5 mm) nel Mar Mediterraneo di  $533.141 \pm 937.893$  particelle/km<sup>2</sup>, con i valori maggiori segnalati nel bacino Levantino (7.699.716 particelle/km<sup>2</sup>) e i minori nel settore nordoccidentale (28.376 particelle/km<sup>2</sup>) ([Caldwell et al., 2019](#)). Considerando le 5 regioni della FAO ([Food and Agriculture Organization of the United Nations](#)) in cui è suddiviso il Mar Mediterraneo, le due aree più studiate risultano essere il settore occidentale ed il Mar Adriatico.

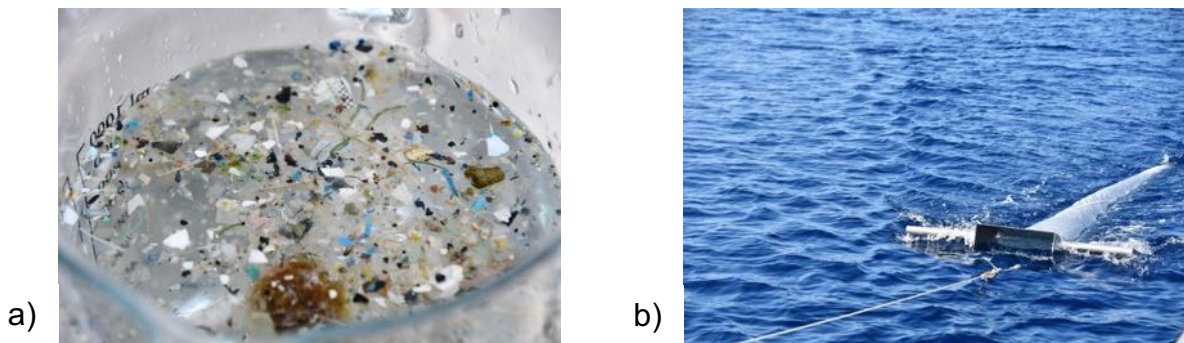
La concentrazione di microplastiche galleggianti è molto variabile tra le diverse aree del Mediterraneo. La maggior parte delle microplastiche è rappresentata da piccoli frammenti causati dalla degradazione di oggetti di plastica più grandi, da filamenti/fibre sintetiche e dalla frammentazione di oggetti con forma simile a fogli, derivanti per lo più da buste e imballaggi. La formazione secondaria di tali particelle avviene a seguito dell'opera di fattori fisico-chimici di oggetti di dimensioni maggiori già presenti in ambiente. L'elevata concentrazione di filamenti e fibre sintetiche può essere invece riconducibile alla loro immissione nell'ecosistema marino attraverso impianti di trattamento delle acque reflue e deflussi domestici come gli scarichi delle lavatrici ([Napper e Thompson, 2016](#)). A causa della loro dimensione, le microplastiche rappresentano una seria minaccia per la biodiversità del Mediterraneo, in quanto possono essere ingerite da numerose specie di organismi marini, dagli invertebrati ai grandi filtratori marini come le balene.



L'analisi della composizione chimica delle microplastiche mostra una caratterizzazione relativamente eterogenea. Tra i differenti polimeri i più diffusi risultano il polietilene e polipropilene, i più abbondanti in ambiente marino, ma sono presenti anche altri meno frequenti come polistirene, poliammide, polietilene tereftalato e polivinilcloruro ([Suaria et al., 2016](#)).

La presenza di macro-rifiuti galleggianti nei mari è rappresentata principalmente da polimeri plastici, con una frequenza maggiore dell'80% ([Galli et al., 2023](#)). Generalmente, la maggior parte degli oggetti che galleggiano sulla superficie marina ha una dimensione minore di 10 cm ed è rappresentata da molti oggetti incluse buste, residui di imballaggi e frammenti, confermando come le molteplici pressioni antropiche rappresentino la fonte principale di rilascio e contaminazione di questo tipo di materiale. Anche la cospicua presenza di frammenti di polistirolo e di cassette per la pesca, riscontrata in diverse aree, dimostra il ruolo fondamentale che le intense attività di pesca e acquacoltura ricoprono nell'alterazione degli habitat marini e costieri ([Pasquini et al., 2016](#)).

E' importante sottolineare che le concentrazioni di micro e macro-plastiche nel bacino del Mediterraneo sono a livelli molto simili a quelle riscontrate nei grandi vortici oceanici (*gyres*). Per questo il Mediterraneo è stato tristemente definito come uno degli *hot spot* mondiali della contaminazione da rifiuti marini ([UNEP/MAP 2015](#)).



Microplastiche (a) campionate tramite retino manta (b) nell'area del Santuario Pelagos.

L'accumulo di macro-rifiuti e microplastiche è un fenomeno che interessa anche i sedimenti ed i fondali marini. Nonostante i polimeri più frequentemente ritrovati in ambiente marino (es. polietilene e polipropilene) siano caratterizzati da densità inferiori (0,85 – 0,97 g/mL) rispetto a quella dell'acqua di mare ( $\approx 1,02$  g/mL), alterazioni chimico-

fisiche o biologiche (formazione di biofouling - film algali e batterici -) sono capaci di alterarne la galleggibilità e favorirne lo sprofondamento Lagarde et al., 2016).

La presenza di rifiuti sui fondali marini (da 0 m a oltre 2000 m) del Mar Mediterraneo è stata valutata per la prima negli anni '80 lungo le coste della Turchia, con una concentrazione stimata di 164 oggetti per km<sup>2</sup>. Da questo momento in poi, il numero di indagini riguardanti questa tematica è aumentato rapidamente e ad oggi raggiunge più di 50 lavori scientifici. Le principali metodiche adottate per la raccolta di questi dati consistono nell'utilizzo di particolari veicoli sottomarini a comando remoto (ROV: Remotely Operated Vehicle) in grado di acquisire immagini e video delle aree indagate o di reti a strascico durante le attività di pesca. Negli ultimi anni, a queste due tecniche si è aggiunta anche l'acquisizione di dati tramite la realizzazione di specifiche campagne di monitoraggio delle acque costiere con operatori subacquei sia scientifici che volontari. Come osservato in precedenza per gli altri ambienti marini presi in esame, la concentrazione di rifiuti sui fondali del Mar Mediterraneo è altamente eterogenea. Gli esperti europei della [Marine Strategy Framework Directive Task Group 10](#), ritengono il campionamento effettuato tramite reti da strascico il miglior compromesso per la raccolta di questo tipo di dati considerando da un lato l'estensione dell'area monitorata e dall'altro la rapidità e l'efficacia delle operazioni svolte. L'impiego di operatori tecnici subacquei rimane fondamentale per l'acquisizione di dati puntuali ed il monitoraggio di fondali che non possono essere indagati tramite le reti, come ad esempio i substrati rocciosi o aree dove la pesca è interdetta come quelle marine protette.

In tutti gli studi emersi in letteratura dagli anni '90 ad oggi, la plastica risulta essere la più frequente categoria di macro-rifiuti ritrovata anche sui fondali, con percentuali superiori al 50% ([Consoli et al., 2018](#)).

Tra gli oggetti descritti, risultano di particolare interesse tutti quei rifiuti connessi alle attività di pesca. Reti, lenze, cime e nasse sono tra gli oggetti maggiormente rinvenuti sui fondali del bacino mediterraneo, a sottolineare come non solo immissioni da parte di sorgenti terrestri, ma anche quelle derivanti da attività strettamente connesse con l'ambiente marino giochino un ruolo fondamentale nella dispersione dei rifiuti stessi.



Macro-rifiuti presenti sui fondali del Mar Mediterraneo.

Inoltre, concentrazioni variabili di microplastiche sono state riscontrate nei sedimenti di tutto il bacino mediterraneo, con una media di  $901 \pm 639$  particelle per kg di sedimento analizzato.

Errati processi di smaltimento durante le fasi di allevamento e lavorazione dei molluschi, la degradazione degli attrezzi da pesca dovuta alla prolungata esposizione in ambiente marino e la frammentazione in seguito ad eventi naturali di forte intensità come le mareggiate sono alcuni dei principali processi che influenzano la dispersione, la distribuzione e l'accumulo dei rifiuti dell'industria marittima ([Fortibuoni et al., 2019](#)).

### **3. Presenza e distribuzione di macro-rifiuti e microplastiche lungo le spiagge**

Le spiagge possono essere definite come un ecosistema dinamico al cui interno la presenza e la distribuzione di rifiuti sono influenzate da diversi fattori: la conformazione geologica del territorio, assieme al complesso idro-dinamismo regolato da correnti, il moto ondoso le escursioni di marea che caratterizzano l'ambiente intertidale, nonché gli eventi atmosferici quali piogge e vento. Tutto ciò facilita la dispersione dei rifiuti ed il loro accumulo ([GESAMP, 2019](#)). In questo complesso scenario entrano in gioco anche le pressioni derivanti dalle attività umane (es. attività turistiche e ricreative) e dai mancati o scorretti processi di riciclaggio e stoccaggio dei materiali di scarto.



Macro e micro-rifiuti presenti sulle spiagge del Mar Mediterraneo.

Uno studio condotto sull'intero Mar Mediterraneo ha evidenziato una concentrazione media di microplastiche pari a 291 particelle per kg di sedimento analizzato. A livello di bacino, la concentrazione media più elevata, pari a  $189 \pm 273$  particelle/m<sup>2</sup>, è stata rilevata lungo le coste dell'isola di Cipro nel bacino Levantino. Mentre nel primo studio la classe di microplastiche più abbondante era rappresentata dalle fibre, il secondo ha mostrato una cospicua presenza di *pellets* (concentrazione media pari a 230 particelle/m<sup>2</sup>). Essendo queste delle particelle di origine primaria, utilizzate in vari settori industriali come materia prima per la realizzazione dei prodotti finiti in materiale plastico, una loro elevata concentrazione in ambiente può essere ricondotta ad uno sversamento nelle acque circostanti in seguito a malfunzionamenti nei processi di lavorazione industriale o ad una perdita durante il trasporto navale. Anche per quanto riguarda i macro-rifiuti con dimensioni maggiori di 2,5 cm, le maggiori concentrazioni sono state riscontrate nel settore orientale del bacino mediterraneo lungo le coste della Turchia. Tra questi figurano maggiormente i frammenti, risultato di degradazione di oggetti più grandi e gli scarti di imballaggi, caratterizzati da una concentrazione media pari a  $19,5 \pm 1,2$  oggetti/m<sup>2</sup>.

Tra le categorie di macro-rifiuti presenti sulle spiagge, ancora una volta la plastica risulta quella più abbondante. Tra i rifiuti plastici, gli oggetti generalmente più ritrovati sono i



frammenti di plastica dura e polistirolo compresi tra 2,5 e 50 cm, i bastoncini per l'igiene delle orecchie, i tappi di bottiglia ed i mozziconi di sigaretta. Le principali sorgenti di contaminazione per quanto riguarda le molte spiagge sono strettamente legate alle attività turistiche e ricreative che interessano la costa soprattutto durante i mesi estivi e al non corretto smaltimento dei rifiuti a terra.

#### 4. Impatto dei rifiuti sugli organismi marini del Mar Mediterraneo

Nell'ultimo decennio una notevole attenzione è stata data a livello globale ai potenziali impatti dei rifiuti marini, in particolare delle microplastiche, sugli organismi marini. Un fenomeno ampiamente studiato riguarda la loro sempre più frequente ingestione da parte della fauna marina oltre agli altri impatti derivanti dall'intrappolamento, dalla distruzione degli habitat nonché dall'introduzione e dispersione di specie invasive.



L'ingestione è ad oggi, infatti, ritenuta l'interazione più probabile tra i rifiuti e gli organismi marini che, a seconda delle ridotte dimensioni che possono raggiungere (es. microplastiche), sono ingeriti da un'ampia gamma di organismi. In certi casi i meccanismi

di nutrizione di varie specie, come la filtrazione, non permettono di distinguere le prede dai rifiuti. Diversi studi hanno evidenziato come quest'ultimi possono essere scambiati per cibo da un'estesa varietà di animali, compresi invertebrati, pesci, tartarughe, uccelli e mammiferi ([Kühn et al., 2015](#)). La presenza di rifiuti, in particolare quelli di plastica, è stata accertata anche in specie di grande interesse commerciale. Il consumo annuo pro capite medio mondiale dei prodotti ittici è stato di 19,7 kg nel 2013, e ha raggiunto i 20 kg nel 2016. La pesca ha infatti fornito nel 2016 il 6,7% delle proteine totali consumate dalla popolazione, e i prodotti di essa hanno rappresentato in termini monetari l'1% del commercio mondiale ([www.fao.org](http://www.fao.org)) Risulta quindi prioritario valutare l'impatto sia diretto che indiretto dei rifiuti marini sull'uomo.

## **5. Additivi e contaminanti associati alla plastica e possibili effetti ecotossicologici**

La maggior parte degli oggetti plastici non sono polimeri vergini ma vengono lavorati con l'aggiunta di molti additivi diversi (come ad esempio ftalati, bisfenolo A e ritardanti di fiamma). Essi possono essere aggiunti in seguito alla lavorazione del materiale o effettivamente incorporati in esso. I plastificanti sono sostanze aggiunte in alcune materie plastiche per migliorare la loro prestazioni, per esempio la flessibilità. Nell'industria della plastica, tali additivi sono spesso introdotti in grandi proporzioni in base al polimero e all'utilizzo finale dello stesso (tra il 10% e il 70% del peso del materiale plastico vergine). Gli ftalati sono la categoria più conosciuta di plastificanti. I ritardanti di fiamma vengono aggiunti alle materie plastiche quando le loro caratteristiche specifiche ne richiedano l'uso secondo determinate norme antincendio (cavi, trasporti, edifici, tappeti, ecc.). Possono ad esempio trovarsi anche nelle materie plastiche esposte ad alte temperature (asciugacapelli, elettronica, ecc.). Gli additivi sono organici o inorganici, le molecole organiche bromurate (ad esempio i polibromodifenileteri, PBDE) sono spesso considerati i ritardanti di fiamma più pericolosi per il loro impatto sulla salute umana, in grado di rappresentare fino al 50% del peso della materia plastica vergine. Tra i vari congeneri di PBDE, otto (BDE-28, 47, 99, 100, 153, 154, 183 e 209 identificati in accordo con la numerazione sistematica di Ballschmitter e Zell) risultano di interesse primario per la frequenza con cui si ritrovano nel comparto abiotico e biotico. In particolare, il congenere 209 è stato spesso associato alla presenza di plastica in quanto tale composto sembra essere uno dei principali additivi impiegato come ritardante di fiamma, al punto da essere considerato un "tracciante" della plastica.

Con l'aumentare dei report sulla contaminazione delle matrici ambientali e degli organismi da microplastiche (MP), è fortemente cresciuto, particolarmente negli ultimi anni, il numero di studi ecotossicologici focalizzati sullo studio dei loro effetti biologici.

Gli effetti ecotossicologici delle microplastiche (in base a studi effettuati in laboratorio) sembrano interessare vari livelli di organizzazione biologica, a partire da quello molecolare, enzimatico/proteico, istologico, sistemico e comportamentale. Tra i principali effetti riscontrati vi sono le alterazioni a livello dei tessuti più esposti alla contaminazione e accumulo di MP: tratto gastrointestinale, branchie e fegato. L'esposizione a concentrazioni realistiche di MP può portare alla generazione di evidenti danni epiteliali. Risultati simili sono stati ottenuti per diverse tipologie di microplastiche e specie analizzate ([Limonta et al., 2019](#)). Danni derivanti dall'esposizione a MP sono stati osservati, per esempio, anche nel tessuto branchiale dei pesci che rappresenta il primo contatto delle particelle disperse in acqua con i tessuti. Le microplastiche possono causare alterazioni istologiche anche in organi non direttamente esposti alla contaminazione, come il fegato. Casi di iperemia, formazione di gocce lipidiche, necrosi e riduzione delle riserve di glicogeno nel fegato sono stati documentati per varie specie ittiche esposte a microplastiche ([Yin et al., 2018](#); [Espinosa et al., 2019](#); [Pedà et al., 2022](#)).

I danni legati all'esposizione a microplastiche sono quasi sempre associati all'insorgenza di stati infiammatori. Alcuni studi riportano segni di alterazione della risposta immunitaria in seguito alla loro esposizione a microplastiche. Parte degli effetti biologici negativi associati alle MP viene ricondotto alla loro capacità di generare stress ossidativo negli organismi esposti. Alcuni studi recenti riportano come le MP siano in grado di causare effetti anche a livello metabolico. Le alterazioni metaboliche indotte dalle MP potrebbero essere dovute ad una minore capacità di assorbimento dei nutrienti dovuta al danneggiamento degli epitelii, o ad un diverso utilizzo delle riserve energetiche che l'organismo deve attuare per far fronte a condizioni di stress. Di notevole interesse sono alcuni dati recentemente pubblicati, che sembrerebbero suggerire come le microplastiche siano in grado di alterare la composizione del microbiota intestinale, diminuendo la diversità e favorendo maggiormente lo sviluppo di alcuni phyla di batteri. Infine, vi sono evidenze che l'esposizione a microplastiche di varia natura possa in qualche modo influenzare alcuni parametri comportamentali come l'attività locomotoria e provocare effetti negativi sulle capacità predatorie.

La maggior parte degli studi sugli effetti biologici delle microplastiche è stata condotta in condizioni di laboratorio, in seguito ad esposizioni controllate con concentrazioni note di MP. Ad oggi, ancora pochi studi hanno correlato la presenza di microplastiche in esemplari prelevati in natura accompagnate ad eventuali effetti ecotossicologici. Questo aspetto rappresenta indubbiamente una delle frontiere della ricerca sugli effetti delle microplastiche, per cui ulteriori studi sono necessari.

Un successivo aspetto relativo alla potenziale pericolosità delle microplastiche per gli organismi marini riguarda le interazioni tra quest'ultime e contaminanti ambientali di varia natura. La concentrazione di contaminanti idrofobici (es. Policlorobifenili, Idrocarburi Policiclici Aromatici, ecc.) presenti sulle microplastiche può essere estremamente più alta di quella rilevata in acqua. Allo stesso modo, studi condotti sul campo e in laboratorio rivelano che anche i metalli pesanti mostrano la stessa tendenza ad accumularsi sulle particelle di plastica. Inoltre, vari additivi chimici sono spesso aggiunti alle plastiche durante i processi produttivi, quali plasticizzanti, antiossidanti e stabilizzanti che possono a loro volta essere rilasciati dalle MP una volta penetrati all'interno dell'organismo. La capacità delle microplastiche di trasferire contaminanti ambientali agli organismi presuppone il rilascio di questi ultimi all'interno dell'organismo in seguito all'assunzione di microplastiche contaminate. Simulazioni dell'ambiente gastrointestinale in laboratorio hanno investigato il fenomeno di rilascio di contaminanti in condizioni fisiologiche dell'apparato digerente. In alcuni casi è stata osservata un'interazione sinergica tra microplastiche e contaminanti. In letteratura sono presenti anche altri studi riportanti un'attenuazione degli effetti ecotossicologici di contaminanti ambientali somministrati in associazione alle microplastiche. E' stato persino ipotizzato che MP non contaminate potrebbero contribuire a ridurre il carico di contaminanti dell'organismo sequestrando sulla loro superficie. I risultati riportati in letteratura, non sempre concordi, sottolineano la necessità di approfondire la ricerca su questo aspetto della contaminazione da microplastiche.



© Elena Marotta

## 6. Possibili Soluzioni e raccomandazioni

Dati i livelli particolarmente elevati di rifiuti marini rinvenuti in tutti i comparti ambientali dell'area Mediterranea e la evidente sovrapposizione con la distribuzione e l'habitat di diverse specie marine, compresi i cetacei e tartarughe marine, e, visti gli effetti deleteri legati all'ingestione di rifiuti marini, molte istituzioni a livello mediterraneo (UNEP/MAP - Convenzione di Barcellona, Commissione Europea, *International Maritime Organization-IMO*) raccomandano ai paesi che si affacciano sul Mediterraneo di migliorare e applicare urgentemente misure di gestione in materia di inquinamento terrestre e marittimo.



Inoltre è fortemente raccomandato a livello Mediterraneo: (a) di adoperarsi per un accordo regionale sulla plastica, che prenda in considerazione le fonti di inquinamento da plastica sia terrestri che marine e il loro intero ciclo di vita; (b) di coinvolgere tutti i livelli delle parti interessate, dai produttori, agli utilizzatori e ai responsabili delle decisioni, al fine di attuare azioni che possano contribuire ad affrontare i rifiuti di plastica alla fonte ed impedire che vengano introdotti negli ecosistemi marini, così da facilitare la collaborazione tra scienza e politica, agendo a livello globale per mitigare questa urgente problematica.



La plastica rappresenta un inquinante prioritario per l'ambiente marino

Esistono varie tipologie di plastica, caratterizzata da composizione chimica differente e con proprietà chimico-fisiche diverse

Le plastiche contengono vari additivi, a volte molto tossici per gli organismi che ingeriscono frammenti plastici

La plastica in ambiente marino varia anche per dimensione (da pochi nanometri a metri), generando varie tipologie di pericolo per la fauna e gli ecosistemi marini

Il Mar Mediterraneo presenta livelli particolarmente elevati di rifiuti plastici

Molte istituzioni a livello mediterraneo raccomandano ai paesi che si affacciano sul Mediterraneo di migliorare e applicare urgentemente misure di gestione e mitigazione in materia di inquinamento da rifiuti marini.

### **Che cosa puoi fare tu?**

Ridurre l'utilizzo di plastica monouso

Utilizzare prodotti che non contengano microplastiche al loro interno

Ridurre l'utilizzo di prodotti con imballaggi

Preferire il riutilizzo degli oggetti, in particolare quelli di plastica

Contribuire al corretto smaltimento dei rifiuti per essere avviati al riciclo, quando possibile

Raccogliere e recuperare gli oggetti di plastica

Partecipare a campagne di sensibilizzazione e pulizia per cambiare le abitudini della popolazione

## Bibliografia e sitografia

- Caldwell, J., Petri-Fink, A., Rothen-Rutishauser, B., Lehner, R., 2019. Assessing meso- and microplastic pollution in the Ligurian and Tyrrhenian Seas. *Mar. Pollut. Bull.* 149, 110572. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110572>
- Consoli, P., Falautano, M., Sinopoli, M., Perzia, P., Canese, S., Esposito, V., Battaglia, P., Romeo, T., Andaloro, F., Galgani, F., Castriota, L., 2018b. Composition and abundance of benthic marine litter in a coastal area of the central Mediterranean Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 136, 243–247. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.033>
- Fortibuoni, T., Ronchi, F., Mačić, V., Mandić, M., Mazziotti, C., Peterlin, M., Prevenios, M., Prvan, M., Somarakis, S., Tutman, P., Varezić, D.B., Virsek, M.K., Vlachogianni, T., Zeri, C., 2019. A harmonized and coordinated assessment of the abundance and composition of seafloor litter in the Adriatic-Ionian macroregion (Mediterranean Sea). *Mar. Pollut. Bull.* 139, 412–426. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.017>
- Fossi, M.C., Romeo, T., Bains, M., Panti, C., Marsili, L., Campani, T., Canese, S., Galgani, F., Druon, J.-N., Airoidi, S., Taddei, S., Fattorini, M., Brandini, C., Lapucci, C., 2017. Plastic Debris Occurrence, Convergence Areas and Fin Whales Feeding Ground in the Mediterranean Marine Protected Area Pelagos Sanctuary: A Modeling Approach. *Front. Mar. Sci.* 4. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00167>
- Galli, M., Bains, M., Panti, C., Giani, D., Caliani, I., Campani, T., ... & Fossi, M. C. (2023). Oceanographic and anthropogenic variables driving marine litter distribution in Mediterranean protected areas: Extensive field data supported by forecasting modelling. *Science of the Total Environment*, 903, 166266.
- GESAMP (2019). Kershaw, P.J., Turra, A., Galgani, F., 2019. Guidelines on the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean (Kershaw P.J., Turra A. and Galgani F. editors), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP No. 99, 130p.

<https://eur-lex.europa.eu/IT/legal-content/summary/barcelona-convention-for-the-protection-of-the-mediterranean.html>

- Kühn, S., Rebolledo, E.L.B., Franeker, J.A. van, 2015. Deleterious Effects of Litter on Marine Life, in: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (Eds.), Marine Anthropogenic Litter. Springer International Publishing, pp. 75–116. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_4)
- Lagarde, F., Olivier, O., Zanella, M., Daniel, P., Hiard, S., Caruso, A., 2016. Microplastic interactions with freshwater microalgae: Hetero-aggregation and changes in plastic density appear strongly dependent on polymer type. *Environ. Pollut.* 215, 331–339. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.006>
- Limonta, G., Mancina, A., Benkhalqui, A., Bertolucci, C., Abelli, L., Fossi, M.C., Panti, C., 2019. Microplastics induce transcriptional changes, immune response and behavioral alterations in adult zebrafish. *Sci. Rep.* 9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52292-5>
- Napper, I. E., & Thompson, R. C. (2016). Release of synthetic microplastic plastic fibres from domestic washing machines: Effects of fabric type and washing conditions. *Marine pollution bulletin*, 112(1-2), 39-45.
- Pasquini, G., Ronchi, F., Strafella, P., Scarcella, G., Fortibuoni, T., 2016. Seabed litter composition, distribution and sources in the Northern and Central Adriatic Sea (Mediterranean). *Waste Manag.* 58, 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.038>
- Pedà, C., Romeo, T., Panti, C., Caliani, I., Casini, S., Marsili, L., Campani, T., Bainsi, M., Limonta, G., de Rysky, E., Caccamo, L., Perdichizzi, A., Gai, F., Maricchiolo, G., Consoli, P., Fossi, M.C., 2022. Integrated biomarker responses in European seabass *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) chronically exposed to PVC microplastics. *J. Haz. Materials* 438, 129488. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129488>.
- Suaria, G., Avio, C.G., Mineo, A., Lattin, G.L., Magaldi, M.G., Belmonte, G., Moore, C.J., Regoli, F., Aliani, S., 2016. The Mediterranean Plastic Soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters. *Sci. Rep.* 6. <https://doi.org/10.1038/srep37551>
- UNEP, 2016. UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme, Nairobi.

UNEP/MAP, 2015. Marine Litter Assessment in the Mediterranean - 2015.

Wan, Z., Wang, C., Zhou, J., Shen, M., Wang, X., Fu, Z., Jin, Y., 2019. Effects of polystyrene microplastics on the composition of the microbiome and metabolism in larval zebrafish. *Chemosphere* 217, 646–658.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.070>

Yin, L., Chen, B., Xia, B., Shi, X., Qu, K., 2018. Polystyrene microplastics alter the behavior, energy reserve and nutritional composition of marine jacobever (Sebastes schlegelii). *J. Haz. Materials* 360, 97-105.

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.07.110>.



Zambianchi, E., Trani, M., Falco, P., 2017. Lagrangian Transport of Marine Litter in the Mediterranean Sea. *Front. Environ. Sci.* 5. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2017.00005>





Società Italiana di Ecologia

# QUADERNO di ECOLOGIA

 La scienza che aiuta 

Ora che sei informato  
fai girare la notizia!

