



IL RICICLO DELLE PLASTICHE

La plastica è un materiale ad alto contenuto tecnologico ed ampiamente diffuso nell'utilizzo quotidiano. Per contro, se non correttamente gestita, la plastica a fine vita può causare i problemi ambientali che stiamo vivendo. L'Agenda 2030, inoltre, pone obiettivi di sostenibilità che impongono, tra gli altri, un cambiamento volto a passare da un'economia lineare ad una circolare. In questo scenario anche il riciclo delle materie plastiche ha un ruolo fondamentale ed insostituibile. Nel presente articolo si illustrano le principali vie di riciclo delle plastiche.

La plastica rappresenta un materiale con un alto contenuto tecnologico ed ha offerto (e sta offrendo) alla società numerosi benefici ai quali ad oggi è difficile, se non impossibile, rinunciare. A titolo di esempio basti pensare, in tempi recenti, all'impiego della plastica nel settore sanitario per affrontare l'emergenza del Covid-19, oppure nel settore dell'edilizia per rendere gli edifici più sostenibili e contribuire alla riduzione delle emissioni di anidride carbonica [1]. Per contro una cattiva gestione dei prodotti in plastica a fine vita, con abbandono nell'ambiente o non conferiti adeguatamente nei sistemi di raccolta previsti, porta alle note problematiche ambientali. Il 14 gennaio 2022 è entrato in vigore in Italia il decreto legislativo n. 196 del 8 novembre 2021 di recepimento della direttiva europea sulle plastiche monouso (meglio nota come SUP, *Single Use Plastic*), che di fatto non permette più l'immissione sul mercato degli oggetti monouso costituiti da plastica non biodegradabile o non proveniente da fonti rinnovabili. Occorre, tuttavia, andare oltre questo aspetto, adottando criteri di sostenibilità che consentano di ridurre lo sfruttamento di materie prime vergini e, nel contempo, evitare lo smaltimento o il conferimento in discarica delle plastiche a fine vita. L'Agenda 2030, sottoscritta il 25 settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri delle Nazioni Unite, tra i suoi 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals, SDGs) traccia e definisce un percorso proprio in questa direzione. Inoltre, la direttiva europea 2008/98/CE [2], defi-

nisce una "gerarchia del rifiuto" rappresentata in Fig. 1, nella quale è ben chiaro come il ricorso allo smaltimento sia collocato, come soluzione, all'ultimo posto e, in questo ambito, il riciclo ha un ruolo fondamentale ed insostituibile.



Fig. 1 - Gerarchia del rifiuto (fonte: European Commission)

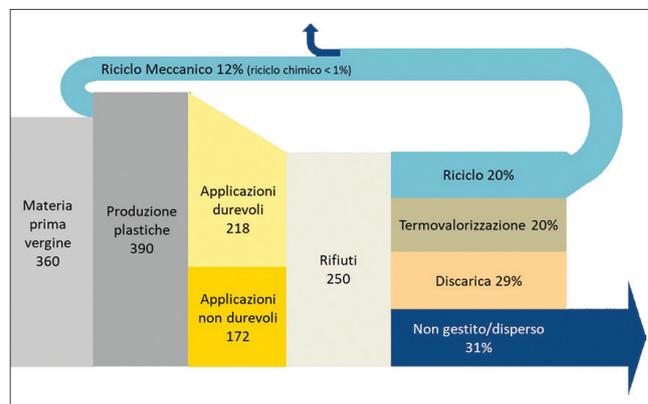
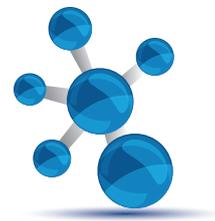


Fig. 2 - Ciclo delle plastiche nel mondo (fonte Conversio/Global Plastics Alliance/Others)



Nel 2020 la produzione mondiale di plastiche è stata di 367 Mt, con in testa la Cina che, da sola, ha detenuto il 32% della produzione totale [3]. La Fig. 2 mostra, invece, la situazione aggiornata al 2018 del ciclo delle plastiche nel mondo (la quantità di plastiche prodotta era pressoché analoga a quella del 2020); la quota riciclata è soltanto del 20%, mentre addirittura una quota del 31% sfugge alla gestione o viene dispersa. Appare evidente come occorra intercettare la quota rifiuto, che in Fig. 1 è indicata come smaltimento e/o recupero energetico, e ricondurla nel settore del riciclo, massimizzando così il recupero di materia. Anche per il mondo delle materie plastiche è, quindi, necessario accelerare il passaggio da un modello di economia lineare a quello di economia circolare.

La filiera del riciclo delle materie plastiche

Il punto di partenza del riciclo è sicuramente la raccolta differenziata che viene gestita in autonomia dai singoli Comuni (dove si svolge secondo diverse modalità) ma nella quale ogni cittadino ha un ruolo fondamentale nell'effettuare la corretta differenziazione domestica. La plastica raccolta viene conferita ai centri di selezione. In questi centri il materiale plastico viene prima vagliato e quindi selezionato, su nastri, per tipologia di materiale e di colore attraverso l'uso di sensori ottici. Ulteriori metodi sfruttano la diversa densità di alcune plastiche per effettuarne la separazione e la selezione. Il materiale subirà poi ulteriori passaggi per eliminare eventuali corpi metallici estranei e sarà sottoposto ad un prelavaggio, per lo più con acqua calda, per rimuovere le impurezze superficiali. A questi lavaggi ne seguiranno altri a base di acqua e detergente seguiti da ulteriori selezioni. Al termine di tutte queste operazioni la plastica raccolta verrà ridotta in forma di scaglie "flakes" o in granuli ed inviata al riciclo. Il materiale ottenuto da questa fase prende il nome di materia prima seconda (MPS). Quello che non viene selezionato, più l'eventuale scarto fine delle vagliature, costituisce il PLASMIX. Quest'ultimo, essendo costituito da plastiche miste, non potrà essere destinato al riciclo meccanico o fisico ma potrà invece essere utilizzato nel riciclo chimico. Il video realizzato da COREPLA (Consorzio Nazionale per la Raccolta il Riciclo ed il Recupero degli Imballaggi in Plastica) mostra nel dettaglio tutte queste fasi [4]. Analogamente, al

processo di selezione della plastica da imballaggi, esiste anche una catena di selezione per i rifiuti derivanti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE) dalla quale è possibile recuperare la plastica (oltre agli altri materiali) che compone questi apparecchi.

I processi di recupero delle materie plastiche possono essere raggruppati in tre tipologie: riciclo meccanico, riciclo fisico, riciclo chimico.

Attualmente il riciclo delle plastiche, per lo più di tipo di meccanico, è focalizzato prevalentemente su alcune tipologie e, in particolare, su alcuni manufatti facili da individuare e separare come bottiglie, flaconi e contenitori vari. Il numero di ricicli che si possono fare attraverso questa via è limitato a causa delle, seppur piccole, degradazioni che il materiale subisce ad ogni passaggio, che determinano una modifica delle caratteristiche originarie del materiale accompagnate da un calo prestazionale. La compatibilità tra i vari rifiuti plastici, da riciclare, pone un ulteriore vincolo a questa modalità di riciclo, non essendo possibile rilavorare plastiche tra loro incompatibili; per lo stesso motivo anche la purezza della plastica, ottenuta dalla selezione, dovrà essere piuttosto elevata, non essendo possibile miscelare, al di sopra di pochi punti percentuali, polimeri tra loro incompatibili. In pratica, nel riciclo meccanico la materia prima seconda, ottenuta dalla selezione, viene fusa e, attraverso estrusori o presse, ritrasformata nel manufatto d'interesse, quali film, granuli, flaconi, vaschette o altri oggetti. La MPS può essere utilizzata tal quale oppure in miscela con polimero vergine in varie percentuali. La scelta è dettata dal tipo di manufatto che deve essere realizzato e dalle prestazioni finali che questo deve avere. Nonostante i lavaggi del rifiuto plastico, effettuati durante le operazioni di selezione, può succedere che la MPS presenti ancora l'odore caratteristico del rifiuto domestico. Questo è possibile perché alcune sostanze, come quelle che si sviluppano dalla degradazione degli alimenti, possono essere adsorbite e migrare all'interno del materiale plastico e, inoltre, possono avere una soglia olfattiva anche molto bassa. Sono state pertanto messe a punto, e sono anche disponibili sul mercato, delle tecniche di degasaggio/strippaggio che permettono di allontanare queste sostanze odorigene dalla matrice polimerica.

Un'altra via di riciclo è rappresentata dal riciclo fisico in cui la materia prima seconda viene sottoposta a trattamenti fisici (tipicamente dissoluzione e riprecipitazione) che non alterano la natura chimico strutturale del polimero ma ne migliorano la purezza eliminando, ad esempio, gli additivi e le impurità. Secondo questo metodo la MPS viene solubilizzata in un idoneo solvente e, a dissoluzione avvenuta, si aggiunge un "non solvente", opportunamente scelto, che ne provoca la precipitazione. Il polimero così ottenuto viene recuperato, trattato per eliminare le tracce di solvente e quindi granulato per essere utilizzato come materia prima per le applicazioni finali. Come detto sia il riciclo meccanico che fisico non modificano la natura chimica della plastica.

La terza via è invece rappresentata dal riciclo chimico (talvolta chiamato anche molecolare) in cui la plastica a fine vita viene sottoposta a processi che ne cambiano la sua natura chimica e si può suddividere in tre classi:

- la "depolimerizzazione", che riporta i polimeri ai loro monomeri originari;
- processi pirolitici (puramente termici o anche catalitici) il cui flusso in uscita è composto da liquidi riutilizzabili negli steam-cracker per ottenere materia prima, da gas da cui si può recuperare altra materia prima o l'energia necessaria a sostenere il processo, da solidi utilizzabili in altri cicli industriali ad esempio in cementifici;
- la gassificazione, un trattamento termico a temperature elevate (tipicamente superiori ai 700 °C) in ambiente controllato che riduce la materia ad un gas composto da prevalentemente da CO e H₂. Questo gas di sintesi può essere utilizzato in impianti dedicati per la produzione di metanolo e successivamente per la produzione di olefine. Questa tecnologia può essere alimentata da qualsiasi fonte di carbonio (per esempio anche da biomasse o carbone).

Il riciclo chimico si configura come una soluzione complementare a quello meccanico e fisico, consentendo di utilizzare rifiuti plastici, misti o contaminati, che altrimenti non potrebbero essere riciclati per altre vie e sarebbero pertanto destinati a termovalorizzazione, nelle acciaierie come SRA (Secondary Reducing Agent) per svolgere la funzione di agente riducente durante le reazioni di ossidazione in fornace, oppure a discarica. Il risultato è una

gamma di materie prime che possono essere reintrodotte in diverse fasi del processo di produzione della plastica.

La Fig. 3 mostra come le varie tecnologie di riciclo possano aiutare a passare da un'economia lineare della plastica (produrre - utilizzare - smaltire) ad una circolare (dalla "culla" alla "culla"). A seconda della tipologia scelta, il riciclo si inserisce in punti diversi del ciclo produttivo; la via più breve ed immediata è chiaramente rappresentata dal riuso.

Con queste tecnologie e quindi possibile gestire la plastica a fine vita, riconducendola nella filiera delle materie prime, in un ciclo teoricamente infinito.

Anche se non strettamente legato al riciclo, un ulteriore contributo alla sostenibilità in generale, ma anche a quella delle plastiche, è rappresentato dal Life Cycle Assessment (LCA). LCA è una metodologia internazionale standardizzata che permette di valutare le "perturbazioni" ambientali generate dall'immissione sul mercato di uno nuovo bene e servizio. Attraverso questa analisi è possibile individuare punti deboli e criticità sviluppando metodi di mitigazione/riduzione degli impatti e piani di miglioramento.

Versalis e il riciclo delle materie plastiche

Versalis è già presente sul mercato con una gamma di prodotti da riciclo denominata Versalis Revive®

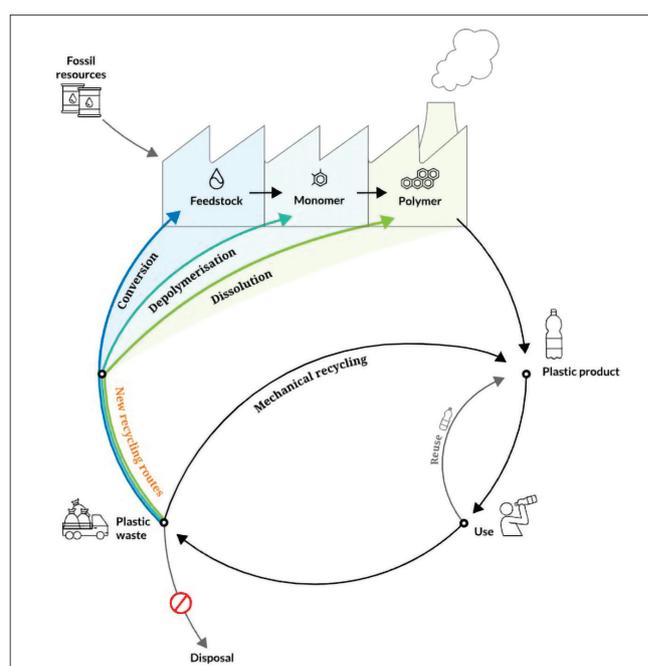
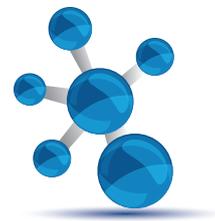


Fig. 3 - Tecnologie di riciclo (fonte CEFIC)



[5]. Si tratta di una linea a diversa base polimerica (stirenica e polietilenica) ottenuta attraverso la tecnologia di riciclo meccanico e contenente plastica riciclata. Nel 2021 Versalis ha, inoltre, acquisito la tecnologia e gli impianti di Ecoplastic, società italiana del gruppo De Berg specializzato nella filiera di recupero, riciclo e trasformazione dei polimeri stirenici. Ecoplastic ha, infatti, sviluppato un processo di produzione di polimeri stirenici, polistirene espanso (rEPS) e compatto (rGPPS), con contenuto di riciclato fino al 100%, a partire da materia prima seconda ricavata da rifiuti in polistirene espanso selezionati dai settori industriali e del commercio. I nuovi prodotti saranno destinati a settori applicativi per i quali i requisiti di sostenibilità e circolarità sono essenziali, come packaging ed edilizia, in linea con il quadro normativo di riferimento. Il progetto si concretizzerà nel sito di Porto Marghera (VE) e la capacità complessiva di questa prima fase sarà di 20.000 t/a. Riguardo al riciclo chimico, Versalis ha sottoscritto un accordo di sviluppo congiunto con la società italiana di ingegneria Servizi di Ricerche e Sviluppo (S.R.S.), proprietaria di una tecnologia di pirolisi che è stata sviluppata ulteriormente per trasformare i rifiuti di plastica mista, non riciclabili meccanicamente, in materia prima per produrre nuovi polimeri vergini. La tecnologia è stata denominata HOOP® ed ha portato alla progettazione di un impianto demo da realizzarsi sul sito di Mantova, con l'obiettivo di un successivo e progressivo passaggio di scala, iniziando dai siti produttivi Versalis nazionali. Secondo questa tecnologia i materiali plastici vengono sottoposti ad un trattamento termico in assenza di ossigeno. I gas di pirolisi prodotti dal trattamento termico vengono condensati in un sistema appositamente progettato al fine di produrre un distillato composto di idrocarburi alifatici, a catena lineare o ramificata, e di idrocarburi ciclici ed aromatici. Tale miscela liquida (olio di pirolisi) ha caratteristiche tali da poter essere opportunamente impiegata in carica in impianti di steam cracking. La frazione non condensabile che si forma a seguito del processo di pirolisi (fuel gas), che è abbastanza ridotta, è assimilabile, invece, ad un taglio GPL e nel caso del demo verrà riutilizzata, per il fabbisogno termico dell'impianto. Al termine del processo di pirolisi si ottiene anche un composto solido (char), costituito da materiale prevalen-

temente di natura inorganica (inerti/ceneri) e coke (coprodotto). Tale prodotto viene sottoposto ad un processo di omogeneizzazione e stabilizzazione. Il char granulato insaccato può essere opportunamente manipolato ed utilizzato per successive applicazioni. L'impiego che si prevede per il char prodotto è come agente riducente in fonderia, componente di asfalti e bitumi oppure come combustibile in cementifici. Vi è, inoltre, la possibilità di trattare il materiale solido, separato nei reattori di pirolisi durante il processo, al fine di ridurre il contenuto di inorganici e, in particolare, il quantitativo di ceneri presenti dal 40% in peso al di sotto del 2% in peso, con l'obiettivo di raggiungere la specifica di un prodotto commerciale di maggior valore (green coke), che ha impiego sia come materia prima per la produzione di carbone attivo calcinato che per la produzione di elettrodi.

Bibliografia

- [1] G. Frigerio, N. Vecchini, *La Chimica e l'Industria online*, 2021, **103**(3), 30.
- [2] https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en
- [3] <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/12/Plastics-the-Facts-2021-web-final.pdf>
- [4] <https://www.youtube.com/watch?v=dnPPWbwckAk&t=100s>
- [5] <https://versalis.eni.com/it-IT/portfolio/polimeri-e-intermedi.html>

Plastics Recycling

Plastic is a material with a high technologic content and widely used daily. Unfortunately, if not properly managed, the end-of-life plastic can cause the environmental problems we are experiencing. The 2030 Agenda also sets sustainability goals that require, among others, a change aimed at moving from a linear to a circular economy. In this scenario, the recycling of plastics also plays a fundamental and irreplaceable role. The main recycling routes for plastics are illustrated in this paper.