

## CAPITOLO SESTO

# Rifiuti ed economia circolare

«Economia circolare» è un'espressione che ricorre sempre più spesso quando si parla di sostenibilità ambientale, di gestione dei rifiuti, di nuovi prodotti, insomma quando si parla di come stanno evolvendo (o dovrebbero evolvere) i nostri sistemi produttivi. Ma che cos'è l'*economia circolare*? Quali legami ha con la gestione dei rifiuti di cui abbiamo parlato finora? È qualcosa che coinvolge anche altri settori della nostra società? È un obiettivo giusto da perseguire o solo un capriccio passeggero? E quanto siamo circolari oggi? In questo capitolo cercheremo di dare una risposta a tutte queste domande.

*Una definizione? No, 114!*

Un ricercatore olandese, Julian Kirchherr, qualche anno fa decise di analizzare le definizioni di eco-

nomia circolare che erano state proposte da altri colleghi di tutto il mondo e nel 2017 pubblicò i risultati su un articolo scientifico che ebbe molta risonanza. Kirchherr aveva trovato ben 114 diverse definizioni, alcune molto diverse tra di loro. Fu subito chiaro che non era facile «tradurre» quelle due semplici parole, «economia» e «circolare»: prese singolarmente sono di immediata comprensione, ma se usate assieme definiscono un concetto molto ampio e complesso.

Partiamo dalla seconda, «circolare», e consideriamo il suo opposto, ovvero «lineare». Nel caso specifico dei materiali che utilizziamo, un *sistema lineare* prevede che con le materie prime estratte dall'ambiente si producano i beni, che saranno utilizzati e poi smaltiti, come rifiuto, in una discarica. In questo caso abbiamo il massimo della linearità, come se i nostri materiali viaggiassero su una strada a senso unico, senza alcuna possibilità di deviazione. E una volta giunti alla destinazione finale, la discarica, questi materiali sono perduti per sempre. Ecco quindi che circolarità significa rompere questo flusso lineare, introducendo una serie di «circoli» che intervengano nelle varie fasi della vita di un prodotto per riportare i materiali indietro, verso le fasi precedenti, in modo da mantenerli ancora «in vita» e quindi farli durare più a lungo. La migliore rappresentazione grafica è quella proposta dalla Ellen MacArthur Foundation, attraverso il famoso *diagramma a farfalla* (figura 22).

E invece che cosa c'entra l'economia? C'entra eccome, perché significa che è tutto il nostro siste-

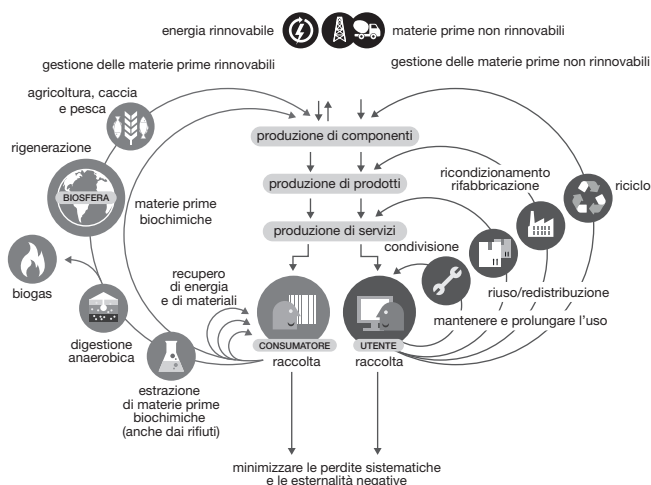


Figura 22. Il diagramma a farfalla illustra come è possibile mantenere i materiali estratti all'interno del sistema produttivo il più a lungo possibile. Immagine: adattato da Ellen MacArthur Foundation *Circular economy systems diagram*, 2019, [www.ellenmacarthurfoundation.org](http://www.ellenmacarthurfoundation.org), illustrazione basata su Braungart & McDonough, Cradle to Cradle (C2C)

ma economico a dover essere coinvolto in questo nuovo paradigma. Devono nascere nuovi modelli di business, ovvero nuove modalità di far funzionare i nostri sistemi produttivi in maniera circolare, salvaguardando il più possibile le risorse, ma questi devono comunque generare un profitto.

Vediamo dunque alcune prospettive attraverso le quali inquadrare questo concetto. La prima ci viene proposta dall'International Resource Panel, un gruppo scientifico di esperti che mira ad aiutare le nazioni a utilizzare le risorse naturali in modo sostenibile senza compromettere la crescita economica e le esigenze umane, e recita così:

L'economia circolare propone un contesto in cui gli output di ogni fase del ciclo di vita diventano input in un altro, compensando la necessità di nuovi materiali e attività manifatturiere ad alta intensità energetica, riducendo al contempo gli sprechi. Ciò richiede il coinvolgimento delle parti interessate della catena del valore nella trasformazione del sistema comportamentale e sociale e la progettazione di sistemi economici e produttivi industriali per abilitare, accettare e supportare la circolarità del sistema.

Il concetto secondo cui i materiali di scarto di un processo possono diventare materie prime per un altro è fondamentale per comprendere le potenzialità dell'economia circolare. Ci sta dietro, tra le altre cose, l'idea che le diverse industrie non devono più operare in maniera decontestualizzata, ma cercare di inserirsi in un ecosistema più complesso. Questa idea ha sicuramente un importante risvolto ambientale, ovvero la salvaguardia delle risorse, ma è motivata soprattutto dalla prospettiva di risparmio economico. Se un materiale di scarto di un processo produttivo viene smaltito in discarica, questo rappresenta un costo per l'azienda; peraltro si tratta di un costo variabile, soggetto alle leggi del mercato e soprattutto al rischio di una sempre minore disponibilità di discariche, che determina un aumento del costo. Viceversa, se questo materiale può diventare una materia prima (secondaria) per un'altra azienda, allora potrebbe addirittura assumere un valore di mercato positivo e quindi diventare una fonte di (ulteriore) ricavo per chi lo produce. Ma siccome stiamo parlando di scarti, è fondamentale che il loro utilizzo non arrechi danni all'ambiente o alla salute umana.

È in tale contesto che si inserisce un altro tassello fondamentale della normativa sui rifiuti che ha importanti risvolti sull'economia circolare: il principio della cessazione della qualifica di rifiuto, o *end of waste* in inglese. Per comprenderlo bisogna fare un passo indietro e tornare alla definizione di rifiuto, che abbiamo introdotto nel secondo capitolo. Ricorderete che «rifiuto è qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsi», pertanto la trasformazione di un prodotto in un rifiuto è molto semplice, perché è legata unicamente alla volontà di disfarsene. Quando un prodotto attraversa questo confine virtuale che divide il mondo dei prodotti da quello dei rifiuti è soggetto, come abbiamo visto, a vincoli molto restrittivi relativamente a tutta la sua gestione successiva. Vincoli che riguardano la sua tracciabilità, la tutela dell'ambiente e della salute umana. Ma può un rifiuto attraversare questo confine nel senso opposto, ovvero tornare ad essere nuovamente un prodotto? Questo è disciplinato proprio dal principio dell'*end of waste*, che impone una serie di condizioni molto restrittive, e non sempre di facile verifica. Queste sono:

1. il rifiuto deve essere sottoposto a un'operazione di recupero;
2. la sostanza o l'oggetto è comunemente utilizzata/o per scopi specifici;
3. esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto;

4. la sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti;
5. l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana.

Come si può notare, alcune di queste condizioni riguardano aspetti di mercato (ovvero l'economia), altre richiamano il mondo del trattamento dei rifiuti, altre infine toccano il tema dell'impatto ambientale. È proprio l'ultimo punto quello più complesso da dimostrare, perché bisogna rifarsi a evidenze analitiche, test di laboratorio, valutazioni di impatto ambientale.

La cessazione della qualifica di rifiuto trova espressione pratica nei cosiddetti «criteri *end of waste*», ovvero documenti che dimostrano, per ciascuna tipologia di rifiuto, la sussistenza delle condizioni elencate sopra. Esistono criteri definiti a livello europeo per i materiali più facili da riciclare, ovvero ferro, acciaio, alluminio, vetro e rame. Ma anche ciascuno Stato membro può proporre dei propri criteri nazionali, e l'Italia, paese all'avanguardia sul riciclo, ne ha pubblicati numerosi anche per materiali più complessi come i pannolini, gli pneumatici usati, la carta, il fresato di asfalto. Esiste inoltre un criterio *end of waste* anche per il combustibile solido secondario (CSS), ovvero per un materiale destinato a recupero energetico e non a riciclo, di cui abbiamo parlato nel quinto capitolo.

Ritornando alle definizioni di economia circolare, la ricercatrice José Potting elenca sei strategie di

economia circolare, che fanno comprendere molto bene anche il salto concettuale rispetto a come oggi vediamo le «cose». Infatti il cambiamento comportamentale di ciascuno di noi è un elemento chiave che può e deve guidare la transizione verso la circolarità. Secondo Potting economia circolare significa, nell'ordine:

1. **Preservare la funzione dei prodotti o dei servizi (es. piattaforme di condivisione)** Significa che dobbiamo considerare la funzionalità di un oggetto, cioè il motivo per cui ci serve. Per esempio, come prima cosa dovremmo chiederci se la nostra necessità è quella di «andare dal luogo A al luogo B», oppure di «possedere un'auto per andare dal luogo A al luogo B». La risposta più comoda, e associata al paradigma culturale nel quale siamo cresciuti, è probabilmente la seconda. Tuttavia la risposta più razionale è senza dubbio la prima. Passando da un approccio orientato al possesso a uno orientato alla condivisione possiamo sfruttare al massimo l'oggetto, proprio perché si riducono i tempi di mancato utilizzo. Nel caso specifico, questo si mette in pratica attraverso le piattaforme di condivisione dei mezzi di trasporto, come il *car sharing*, il *bike sharing*, i monopattini condivisi<sup>3</sup>;
2. **Preservare i prodotti (nel ciclo di vita): progettare, riutilizzare, ripristinare, rinnovare e rigenerare** Se ora ci focalizziamo sull'oggetto in sé, che sia condiviso o di proprietà, il livello successivo di priorità è quello di farlo durare il più a lungo possibile per lo scopo per cui è stato pensato. Questo significa che bisogna partire da una buona progettazione, finalizzata sia all'ottenimento di un elevato standard di qualità e facilità di manutenzione e riparazione per esten-

<sup>3</sup> Per approfondire i temi della mobilità sostenibile in questa colana puoi leggere il libro di Mario Grosso *L'ultima auto a benzina* (Zanichelli, 2018).

derne la vita utile, che alla facilità di riutilizzo e di riciclo. Tutte queste cose sono in totale antitesi con la prassi che si è affermata negli scorsi decenni: fare durare poco i prodotti in modo da garantirne un frequente ricambio; oppure renderli complessi da riparare, in modo che tale che conviene acquistarne di nuovi. Fino al caso estremo dell'*obsolescenza programmata*, ovvero dell'azione deliberata, già in fase di progettazione, di limitare la durata di vita del prodotto, costringendo alla sostituzione. Nella trappola dell'obsolescenza programmata sono caduti anche due colossi come Apple e Samsung. Nel 2018 le due multinazionali sono state infatti multate dall'Antitrust al pagamento di 10 e 5 milioni di euro rispettivamente. Il motivo è che «hanno indotto i consumatori a installare aggiornamenti su dispositivi non in grado di supportarli adeguatamente, senza fornire adeguate informazioni, né alcun mezzo di ripristino delle originarie funzionalità dei prodotti». Questo episodio ha dimostrato che oggi è possibile fare obsolescenza programmata anche solo agendo sulla componente software, sempre più presente negli oggetti di uso quotidiano. La Francia è stata la prima nazione a dotarsi di una legge contro questo tipo di pratica, introducendo nel 2015 nel proprio Codice del consumo il reato di obsolescenza programmata;

3. **Conservare i componenti: riutilizzo, ripristino** Quando il prodotto non è più in grado di funzionare, non è detto che lo siano anche i suoi componenti. Pensiamo a un veicolo: molte parti possono ancora essere utilizzate prima di avviarlo alla rottamazione. L'esempio del veicolo non è casuale, poiché in questo caso l'utilizzo dei componenti è una prassi ampiamente consolidata. Ma lo stesso principio può essere applicato a oggetti anche molto più semplici. In questo modo possiamo prolungare ancora la loro vita, in perfetta sintonia con il paradigma dell'economia circolare;
4. **Preservare i materiali: riciclo** Quando anche le componenti non sono più funzionali, i materiali che le compongono sono ancora disponibili e non è detto che siano con-



sumati o degradati. Qui interviene il riciclo, così come lo abbiamo visto nei capitoli precedenti. Un esempio lampante è quello delle batterie al litio, componenti fondamentale dei veicoli elettrici che tanto spaventano quando si pensa al loro fine vita. Ebbene, una batteria al litio esausta, cioè con una capacità di carica ormai troppo bassa, non ha perso neanche un grammo degli elementi che la costituiscono: conterrà ancora tutto il litio, la grafite, il nichel, il cobalto, il manganese che erano stati utilizzati per costruirla. Possono essere recuperati e riciclati, magari per produrne una nuova;

5. **Preservare l'energia incorporata: il recupero energetico**  
Siamo arrivati in fondo alla catena dell'economia circolare. Che fare dei materiali residuali, che neppure possono più essere riciclati? La tecnologia ci consente, come abbiamo visto nel quinto capitolo, di recuperare quantomeno il contenuto di energia di tipo chimico, quella misurata in termini di potere calorifico. Senz'altro meglio che mandare tutto in discarica. In aggiunta al recupero energetico, abbiamo anche già visto che i processi di termovalorizzazione consentono anche di recuperare ulteriori materiali, come ad esempio i metalli preziosi.

Ma torniamo allo studio di Kirchherr. Dopo aver analizzato le 114 definizioni ha proposto la seguente, da leggere tutta d'un fiato (se ci riuscite):

Un'economia circolare descrive un sistema economico basato su modelli di business che sostituiscono il concetto di «fine vita» con la riduzione, in alternativa il riutilizzo, il riciclo e il recupero di materiali nei processi di produzione/distribuzione e consumo, operando quindi a livello *micro* (prodotti, aziende, consumatori), *meso* (distretti industriali) e *macro* (città, regione, nazione e oltre), con l'obiettivo di realizzare uno sviluppo sostenibile, che implica la creazione di qualità ambientale, prosperità economica ed equità sociale, a vantaggio di generazioni attuali e future.

Ecco che ritroviamo una serie di spunti e di concetti che fanno capire ancora una volta la vastità del tema. Si parla infatti di nuovi modelli di business profondamente diversi da quelli classici basati sulla linearità, dove invece intervengano i diversi livelli gerarchici della gestione dei rifiuti che abbiamo visto descritti nell'immagine della piramide del secondo capitolo. Ma si introduce anche un elemento spaziale: si deve cioè operare a tutti i livelli, da quello individuale dei singoli consumatori fino a quello nazionale o sovranazionale. Infine si ricorda che l'economia circolare è un mezzo, non un fine. Il fine ultimo della sua implementazione è infatti quello di «realizzare uno sviluppo sostenibile», basato sui tre pilastri ambientale, economico e sociale, e pensato in funzione delle generazioni future. Quest'ultimo aspetto apre la porta alla necessità di strumenti di misurazione della reale efficacia dell'economia circolare, per evitare di limitarsi a semplici operazioni di facciata, in inglese dette *greenwashing*. In pratica bisogna verificare che una pratica di economia circolare, per esempio la sostituzione di un imballaggio usa e getta (la bottiglia di plastica dell'acqua) con uno riutilizzabile (la bottiglia in vetro a rendere), sia davvero migliorativa dal punto di vista ambientale. Per fare ciò è necessario imbarcarsi in una serie di calcoli piuttosto complessi, che considerino tutta la vita delle due tipologie di bottiglie, dal momento dell'estrazione delle materie prime che le andranno a costituire, ai processi produttivi che le trasformano nel prodotto, a tutte le fasi di trasporto, all'utilizzo e infine

alla gestione del loro fine vita, una volta diventate rifiuti. Questa operazione si chiama analisi del ciclo di vita (o LCA, dall'acronimo anglosassone) e la riprenderemo nell'ultimo capitolo di questo libro. L'esempio delle bottiglie non è casuale, perché si tratta proprio di una situazione dove i risultati dell'analisi non sono scontati. Al di là della percezione collettiva, secondo cui il vetro a rendere è più sostenibile rispetto alla plastica monouso, il peso molto più elevato della bottiglia di vetro (circa 20 volte superiore rispetto a quella di plastica) determina degli impatti importanti, soprattutto legati alle fasi di trasporto.

### *Economia circolare e gestione dei rifiuti*

Abbiamo visto che «fare economia circolare» non significa solo «riciclare i rifiuti»: sarebbe decisamente troppo riduttivo. Il riciclo è e rimarrà un pilastro fondamentale dell'economia circolare, ma senz'altro non l'unico. La figura 23 a pagina seguente mostra il legame tra l'economia e il riciclo, riprendendo nuovamente il principio dell'economia lineare, a sinistra, quello dell'economia lineare con riciclo, in centro, e quello della vera economia circolare, a destra. Anche qua si apprezzano i numerosi circoli che consentono di riportare almeno parte dei materiali verso le fasi precedenti, dei quali in realtà il riciclo è gerarchicamente l'ultimo.

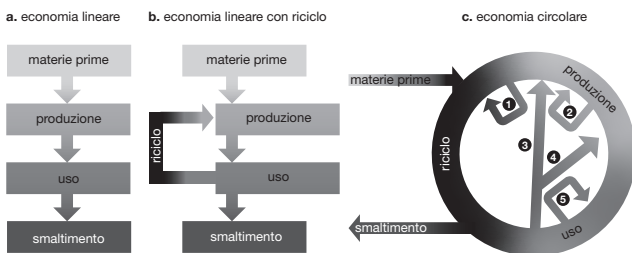


Figura 23. Confronto tra (a) un'economia lineare, (b) un'economia lineare con il riciclo e (c) un'economia circolare. I numeri cerchiati nelle attività di economia circolare indicano: (1) rifiuti come risorsa, (2) rigenerazione, (3) riparazione, (4) rivendita e (5) riutilizzo. Immagine: Fullerton *et al.*, 2022, adattato da Government of the Netherlands, 2016 con licenza CC0 1.0 (pubblico dominio).

### Quanto siamo circolari?

Per quanto riguarda l'Unione europea, a questa domanda cerca di rispondere Eurostat, l'agenzia che ne cura le statistiche. Analizzando i cosiddetti *big data* risulta che nel 2022 il *tasso di circolarità*, inteso come la percentuale di materiali utilizzati che derivano da prodotti e materiali riciclati, si è assestato su un misero 11,5%. Com'è possibile che un continente così avanzato sulla sostenibilità in generale, e sul riciclo dei materiali in particolare, abbia un tasso di circolarità così basso se confrontato con le percentuali ben più alte di raccolta differenziata e di riciclo dei rifiuti? Il motivo è che in questa percentuale il denominatore è costituito dalla totalità dei materiali che entrano nel nostro sistema economico, pari a 6,5 miliardi di tonnellate all'anno, come si può vedere nella figura 24. I materiali riciclati, che ammontano alla ragguar-

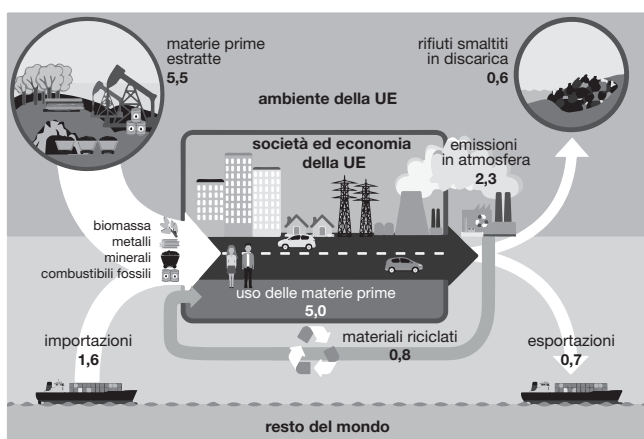


Figura 24. Flusso delle materie prime in Unione europea nel 2022 in miliardi di tonnellate per anno. Immagine: adattata da Eurostat ec.europa.eu/eurostat

devole cifra di 800 milioni di tonnellate all'anno, sono appunto solo il 11,5%. Tuttavia questo indicatore, per quanto abbiamo visto finora, non rende giustizia al paradigma complessivo dell'economia circolare; non è infatti in grado di quantificare tutte le operazioni di circolarità che stanno a monte del riciclo, come la prevenzione, il riutilizzo, la riparazione.

Ma il vero motivo per cui i numeri sono ancora bassi è che, nonostante se ne faccia un gran parlare, l'implementazione dell'economia circolare è ancora agli esordi, persino in un contesto così avanzato rispetto al resto del mondo come il nostro. E dovrebbe farci piacere sapere che questo tasso è aumentato di quasi il 40% dal 2004 al 2022, e mostra un tasso di crescita decisamente sostenuto. Anche il posizionamento dell'Italia è di tutto rispetto,

visto che con un tasso di circolarità del 18,7% si colloca al quarto posto dopo Paesi Bassi, Belgio e Francia, e ben più avanti della Germania.

### *Economia circolare e transizione energetica*

Quali relazioni ci sono tra questi due importanti concetti? Finora, almeno in questo capitolo, non abbiamo parlato di energia, ma è evidente che anche le pratiche di economia circolare necessitano di energia per poter funzionare. È evidente che in prospettiva, e per coerenza, questa energia dovrà essere sempre più di origine rinnovabile. Per semplificare il discorso possiamo affermare che ci stiamo muovendo da un sistema economico/energetico di tipo lineare e fossile a uno di tipo circolare e rinnovabile.

Ma l'aspetto più interessante di questo nesso è che l'energia rinnovabile, e in particolare quella su cui maggiormente si sta basando la transizione energetica, ovvero eolica e fotovoltaica, rappresenta a sua volta un perfetto esempio di circolarità. Cerchiamo di capire il perché.

Quando produciamo energia utilizzando i combustibili fossili dobbiamo costruire delle macchine complesse dal punto di vista ingegneristico (pensiamo a una turbina a gas) ma tutto sommato semplici per quanto riguarda i materiali che le compongono, per esempio l'acciaio. Tuttavia il vettore energetico, ovvero il combustibile fossile, lo utilizziamo in modalità «usa e getta». All'estra-

zione dai giacimenti sotterranei seguono i processi di raffinazione, il trasporto con oleodotti o gasdotti e infine la sua combustione, che di fatto lo distrugge, liberando in atmosfera la pericolosissima  $\text{CO}_2$ , oltre ad altri inquinanti: un esempio perfetto di sistema lineare.

Viceversa, nel caso dell'energia rinnovabile la richiesta di materiali per la costruzione degli impianti è più complessa: servono silicio per i pannelli fotovoltaici oppure terre rare per le turbine eoliche; ma d'altro canto i vettori energetici, sole e vento, sono per l'appunto rinnovabili e dunque circolari per definizione. Ecco dunque che, per garantire la sostenibilità nel lungo termine, è imprescindibile applicare tutti i principi dell'economia circolare alla progettazione e costruzione degli impianti rinnovabili. In questo modo si potrà limitare la pressione sulle attività estrattive di questi materiali, proprio perché una volta estratti potranno essere riutilizzati e riciclati per un elevato numero di volte.

Lo stesso ragionamento vale per i veicoli elettrici, che sono un'altra importante componente della transizione energetica. La produzione delle batterie, che desta preoccupazioni a causa dell'elevata quantità di materiali nobili necessari, potrà beneficiare sempre più di materiali riciclati, come peraltro esplicitamente richiesto dalle più recenti direttive europee. In particolare sono stati già fissati requisiti minimi di riciclo per il litio (50% entro il 2027 e 80% entro il 2031) e per cobalto, rame, piombo e nichel (90% entro il 2027 e 95%

entro il 2031), nonché requisiti minimi per l'utilizzo di materiali riciclati nella produzione di nuove batterie.

Già oggi esistono processi in grado di riciclare buona parte dei pannelli fotovoltaici, delle turbine eoliche, delle batterie di accumulo, ma altrettanti progetti di ricerca sono in corso per migliorarne ulteriormente l'efficienza, supportati da enormi investimenti in tutto il mondo.

Per quanto abbiamo visto, la circolarità delle batterie dei veicoli elettrici non può però limitarsi al loro riciclo. Innanzitutto un pacco batterie dovrà essere realizzato per durare il più a lungo possibile. Per esempio, a differenza dalle batterie per gli smartphone e quasi tutte le altre apparecchiature elettroniche di largo consumo, quelle dei veicoli devono essere climatizzate, cioè prevedere un sistema di controllo che eviti il raggiungimento di temperature troppo alte o troppo basse, che favoriscono la loro degradazione. Oggi, grazie a sistemi ottimizzati di gestione della batteria che mantengono la temperatura e molti altri «parametri vitali» all'interno di intervalli prestabiliti, la durata delle batterie può essere ormai superiore a quella del veicolo stesso. Tuttavia, una volta degradati oltre un certo livello, i pacchi batteria non sono ancora da gettare: possono essere utilizzati per attività di accumulo stazionario di energia elettrica, per esempio a integrazione di impianti fotovoltaici o eolici. Solo al termine di questa «seconda vita» le batterie sono pronte per il riciclo, che potrà restituire la quasi totalità dei materiali che le compongono a



nuovi cicli produttivi. Un esempio perfetto di economia circolare!

*Attenzione al greenwashing!*

Come detto, una pratica di economia circolare ha senso solo se consente di conseguire la sostenibilità, e per questo non bastano semplici dichiarazioni: servono delle analisi, dei calcoli, delle certificazioni. Altrimenti c'è il rischio concreto che nella migliore delle ipotesi non ci sia alcun beneficio, nella peggiore avremmo addirittura un aumento dell'impatto ambientale di ciò che viene spacciato come «circolare». L'espressione *greenwashing* è stata introdotta proprio per descrivere tutte quelle situazioni dove ci si limita a dare una pennellata superficiale di verde a un prodotto, senza curarsi di verificare che «verde» lo sia davvero. Secondo le valutazioni dell'Unione europea, nel 2020 più del 50% delle informazioni su ambiente e clima presenti sull'etichetta di un campione di prodotti erano ingannevoli, e addirittura il 40% completamente infondate. Per questo è in fase avanzata di approvazione la «Direttiva *Green Claims*» contro il *greenwashing*. Questa prevede, tra le altre cose, che affermazioni come «biodegradabili», «meno inquinanti», «a risparmio idrico» o «a base di materie prime biologiche» potranno comparire sulle confezioni solo se le imprese saranno in grado di giustificarle scientificamente. Questo deve avvenire considerando l'intero ciclo di vita del prodotto (ri-

cordate la LCA?) e in ogni caso dovrà essere sempre verificato da soggetti indipendenti di terza parte. Dunque auspicabilmente non dovremmo più leggere affermazioni come «riciclabile all'infinito», un altro concetto che non è scientificamente fondato.

Questa considerazione ci porta a riflettere su un ultimo aspetto fondamentale relativo all'economia circolare. I cicli naturali in condizioni incontaminate sono tutti sostanzialmente chiusi: pensiamo a quello dell'acqua, del carbonio, dell'azoto, del fosforo. Invece i cicli antropici, quelli di cui abbiamo parlato in questo capitolo, non lo potranno mai essere. Genereranno sempre dei flussi di scarto, che per quanto riducibili al minimo, non potranno mai essere azzerati. Questi flussi di scarto conterranno concentrazioni potenzialmente elevate di sostanze pericolose, che pertanto dovranno essere depositate e isolate in condizioni di massima sicurezza per la salute umana e per l'ambiente. I luoghi dove potranno avvenire questi depositi prendono il nome di *final sinks*, un concetto introdotto dal professor Paul Brunner dell'Università di Vienna, uno dei massimi esperti di cicli di vita dei materiali. In un famoso articolo scientifico Brunner ha affermato che l'uso sostenibile delle risorse richiede la presenza di «cicli puliti» e di «depositi finali sicuri». L'esempio più lampante di uno di questi *final sinks* sarà il futuro Deposito nazionale per le scorie radioattive, di cui faremo cenno più avanti.

*Il viaggio in breve di un rifiuto*

Un materiale inserito all'interno di un vero sistema di economia circolare è destinato ad avere una vita molto più lunga rispetto al suo omologo che vive in un sistema lineare. Innanzitutto verrà utilizzato con parsimonia nella produzione dell'oggetto, poi verrà riparato e riutilizzato, successivamente smontato e solo alla fine sarà riciclato e recuperato. Approderà in una discarica dopo un tempo molto lungo, e solo lì potrà finalmente trovare pace.

È volete sapere come è poi andata finire con la definizione di economia circolare? Julian Kirchherr, non contento, ha deciso di approfondire il suo studio del 2017 e di pubblicare un nuovo articolo nel 2023. In soli sei anni il numero di definizioni è praticamente raddoppiato, questa volta ne ha trovate ben 221!