

# ECONOMIA CIRCOLARE E SOSTENIBILITÀ LOCALE: OPPORTUNITÀ E VINCOLI PER LE PICCOLE MEDIE IMPRESE ITALIANE

Chiara Fabris, Anna Mazzi\*

Università di Padova, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Padova

## Sommario

Per favorire lo sviluppo dell'economia circolare nel tessuto industriale italiano è necessario investire in semplificazione, condivisione e innovazione. L'articolo traccia un'analisi critica dell'attuale stato dell'economia circolare in Italia, sottolineando in particolare le difficoltà che le piccole-medie imprese si trovano ad affrontare nell'approcciarsi a questo ambito, e propone alcune soluzioni operative che possono facilitare la diffusione di iniziative di circolarità in diversi settori economici. Infatti, se da un lato la politica comunitaria indirizza il mercato verso il riciclo per cercare di ridurre la quantità dei rifiuti da trattare e contenere il consumo di materia prima vergine, sono molti gli ostacoli che ancora oggi condizionano le imprese e limitano lo sviluppo di pratiche circolari: la confusione del quadro normativo e la difficoltà di trovare sul territorio servizi di supporto sono due delle principali limitazioni all'innovazione circolare. Di contro, se opportunamente supportato da strumenti normativi e tecnici, lo sviluppo dell'economia circolare rappresenta un'opportunità preziosa di sviluppo sostenibile locale per il territorio nazionale.

**Parole chiave:** *materie prime seconde, riciclo, scarti industriali, materie prime critiche, sostenibilità ambientale.*

## CIRCULAR ECONOMY AND LOCAL SUSTAINABILITY: OPPORTUNITIES AND LIMITS FOR ITALIAN SMALL MEDIUM ENTERPRISES

### Abstract

To encourage diffusion of circular economy within Italian industrial territory it's necessary to invest in simplification, sharing and innovation. This paper outlines critical analysis of the Italian situation related to the diffusion of circular economy, underlining difficulties to be solved by small and medium enterprises interested to circular and sustainable innovation. Some operative solutions to facilitate the

diffusion of circular initiatives are reported, with examples and case studies related to several industrial sectors. In fact, EU policy directs the market towards recycling, to try to reduce the amount of waste to be treated and contain the consumption of virgin raw materials. Otherwise, it's evident that at local level there are many obstacles that still affect companies and limit development and innovation. Confusion of the regulatory framework and difficulty of finding support services are two of the main limitations to circular innovation. The Italian economic context has interesting potential for the development of the circular economy: two-thirds of our imports are intermediate products, so greater access to materials and components and greater availability of services could be elements of further development of numerous industrial sectors. More organised and transparent market system would allow an increasing number of companies to adopt circular solutions in the purchase of secondary raw materials and in encouraging the return of waste materials to the market. Moreover, in Italian context, circular economy is significant opportunity for sustainable local development, if adequately supported by legislative and technical tools.

**Keywords:** *secondary raw materials, recycling, industrial scraps, critical raw materials, environmental sustainability.*

### 1. Introduzione

I principi di sostenibilità, circolarità e tutela dell'ambiente adottati dalla Commissione e dal Consiglio d'Europa, hanno come obiettivo quello di dissociare la crescita economica da un continuo approvvigionamento di materie prime scarse e risorse non rinnovabili. Con il Green Deal europeo, l'impegno assunto dai paesi dell'Unione Europea (UE) a conseguire l'obiettivo della neutralità cli-

\* Per contatti: via Marzolo n.9, 35131, Padova.  
E-mail [anna.mazzi@unipd.it](mailto:anna.mazzi@unipd.it).

Ricevuto il 27-12-2023; Correzioni richieste il 3-1-2024;  
Accettazione finale il 16-1-2024.

matica entro il 2050 è diventato un obbligo giuridico. A tale scopo il Green Deal adotta un pacchetto di iniziative strategiche che riguardano diversi ambiti, tra cui l'ambiente e il clima, l'energia e i trasporti, l'industria, l'agricoltura e la finanza sostenibile (COM 62/2023). Tra le disposizioni europee, il Regolamento sulle Materie Prime Critiche ha definito la cornice per trasformare i settori industriali, che a loro volta sono alla guida della transizione verde: l'industria manifatturiera è riconosciuta come il motore del cambiamento e la forza trainante per la crescita, l'innovazione tecnologica, la lotta ai cambiamenti climatici e la sfida ambientale. L'UE mira, pertanto, ad abbandonare lo schema lineare classico "risorsa-produzione-scarto" a favore di un modello economico circolare, il cui punto di forza è riutilizzare i materiali in cicli successivi, mantenendone il valore più a lungo possibile e riducendo gli sprechi (Mazzi, 2021).

L'end-of-waste (acronimo EoW), il cui termine rappresenta letteralmente il "rifiuto cessato", è un tassello fondamentale dell'economia circolare: esso è stato introdotto dalla direttiva quadro sui rifiuti 2008/98/CE (modificata dalla dir. 2018/851/CE nell'ambito di un pacchetto di misure sull'economia circolare) e rientra nella disciplina dell'art. 184 ter. del D.Lgs 152/2006 (cd. Codice dell'Ambiente, o Testo Unico Ambientale – T.U.A.), che descrive le condizioni affinché la sostanza o l'oggetto possa essere utilizzata in uno specifico ciclo produttivo. L'EoW è un obiettivo chiave dell'economia del riciclo, perché è la trasformazione dei rifiuti in risorse e consente la chiusura del ciclo (Blois e Passeri, 2020). Ad oggi, dopo l'abrogazione dell'art. 181 bis. del D.Lgs 152/2006 (che disponeva in merito a quelle materie, sostanze e prodotti i quali, avendo subito un'attività di recupero, non potevano rientrare nella disciplina dei rifiuti), la definizione di EoW ha assorbito anche quella di materia prima-seconda. Infatti, se sottoposto ad un procedimento di recupero, incluso il riciclo e la preparazione per il riutilizzo e qualora soddisfi criteri specifici, il rifiuto torna a livello del prodotto sotto l'aspetto sia merceologico che giuridico, con riconoscimento di materia prima-seconda e rientra in un nuovo ciclo di vita, all'interno di un nuovo circuito produttivo. Inoltre, la lett. b. del 1° co. dell'art. 184 ter. del D.Lgs 152/2006 sulla cessazione della qualifica di rifiuto ha posto l'accento sul requisito della "commerciabilità" delle materie prime-seconde, specificando la condizione della «esistenza di un mercato o di una domanda per tale sostanza od oggetto».

## 2. I limiti del contesto attuale

I criteri per la cessazione della qualifica di rifiuto vengono definiti secondo un preciso ordine gerarchico: (i) con regolamento europeo, (ii) con D.M. e (iii) dalle Regioni caso per caso.

Con le tre direttive EoW (Reg. UE 2011/333 contenente i criteri per alcuni rottami metallici quali ferro, acciaio

io e alluminio, reg. UE 2012/1179 contenente i criteri per i rottami di vetro e reg. UE 2013/715 contenente i criteri per i rottami di rame), l'Europa ha disciplinato alcuni dei maggiori flussi di materiali, focalizzandosi sugli elementi di input/output e sulle tecniche utilizzate nei processi di recupero, obbligando chi produce e chi importa il rifiuto a dichiarare la conformità dei prodotti agli standard richiesti.

Altre tipologie di sostanze e materiali di scarto sono state regolate prima dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) e poi dal Ministero della Transizione ecologica (MITE), attraverso i DD.MM. 5/1998 (come modificato dal D.M. 5 aprile 2006, n. 186) per i rifiuti non pericolosi e 161/2002 per i rifiuti pericolosi, ai quali tuttora si ricorre per il rilascio delle autorizzazioni in forma semplificata e per altri diversi aspetti connessi alla gestione dei rifiuti, malgrado risultino superati e siano antecedenti al Testo Unico Ambientale, che li richiama agli artt. da 214 a 216.

Negli anni si sono aggiunti numerosi altri decreti, come sintetizzato in Tabella 1: il D.M. 14 febbraio 2013, n. 22 per la cessazione della qualifica di rifiuto in relazione a determinate tipologie di combustibili solidi secondari, il D.M. 28 marzo 2018, n. 69 sulla cessazione della qualifica di rifiuto del conglomerato bituminoso, il D.M. 188/2020 per la cessazione della qualifica di rifiuto di carta e cartone, i DD.MM. 62/2019 e 78/2020 regolanti, rispettivamente, la cessazione della qualifica di rifiuto dei prodotti assorbenti per la persona e della gomma vulcanizzata derivante da pneumatici fuori uso, il dm. 27 settembre 2022, n. 152, per la cessazione della qualifica di rifiuto dei rifiuti inerti da costruzione e demolizione e di altri rifiuti inerti di origine minerale e, infine, in itinere, il decreto EoW (notificato EC il 5 luglio 2020) per i rifiuti inerti non pericolosi da spazzamento stradale. Per il 2023 è prevista la fine dei lavori per la definizione dei criteri EoW in materia di rifiuti tessili, dopo che la Commissione Ambiente del Parlamento Europeo ha approvato l'invito della Commissione Europea ad individuare specifici obiettivi di prevenzione, riutilizzo e riciclo per i rifiuti tessili. Entro il 2024 si prevede che verranno definiti i criteri per i rifiuti della plastica.

Molte altre tipologie di materiali rimangono tuttavia prive di un regolamento e il potere conferito alle autorità regionali e a quelle da esse delegate (ex. artt. 208, 209 e 211 del Codice dell'Ambiente) di rilasciare o rinnovare le autorizzazioni, ha portato ad una sorta di «federalismo dell'end-of-waste» (Castellano, 2017), ossia a decisioni assunte a livello locale spesso discriminatorie e più o meno cautelative nei confronti della salute e dell'ambiente, fondate su giudizi arbitrari ed in contrasto tra loro. Questo, oltre a confondere, crea una disparità di trattamento tra imprese produttrici, alle quali le autorizzazioni vengono negate o accolte in base al luogo in cui sono ubicati gli impianti.

Gli ultimi anni, fortemente segnati da crisi sanitarie, energetiche e politiche internazionali, hanno mostrato i danni che possono derivare dall'interruzione delle catene di approvvigionamento di determinati beni di consumo e in particolare dei beni strategici, che possono includere le cosiddette materie prime critiche, ossia: un insieme di materie prime di elevata importanza economica per l'economia dell'Unione europea, ritenute essenziali al funzionamento e per l'integrità di una vasta gamma di ecosistemi industriali, oltre che al funzionamento del mercato interno e la cui disponibilità è fortemente a rischio per l'elevata concentrazione di forniture da parte di pochi paesi terzi (COM 2020/474). Da qui l'urgenza per l'UE di ridurre la dipendenza dai paesi stranieri. Per questo sarà necessaria una spinta sempre maggiore verso un approvvigionamento attivo delle materie prime critiche, oltre che sullo studio di soluzioni per ridurre l'inquinamento e in particolare l'emissione di gas climalteranti, dal momento che si prevede un forte aumento sia dello sviluppo tecnologico, che della produzione manifatturiera, la quale rischia però di ve-

nire ostacolata dalla competizione globale per le materie prime e per le materie prime critiche (JRC, 2020). Impedire che la dipendenza dai combustibili fossili venga presto sostituita da altre dipendenze strategiche è uno tra i primi obiettivi e a tale riguardo si dovrà ridurre la dipendenza dalle materie prime per le catene del valore industriale ed il benessere sociale, diversificando le fonti di approvvigionamento, rafforzando l'approvvigionamento interno e lavorando sull'efficienza dell'uso delle risorse e sulla circolarità (COM 2008/699). Inoltre, raggiungere un certo livello di autonomia in questo senso, porterebbe ad un risparmio sulle importazioni da investire, ad esempio, per finanziare ulteriori iniziative a tutela dell'ambiente, creando così un cerchio nel cerchio.

### 3. cambiamenti necessari

#### 3.1. Scarsità di risorse come volano della circolarità

Per i prossimi decenni è prevista in Europa una forte impennata della domanda di materie prime critiche, le quali già oggi rappresentano per l'economia comu-

**Tabella 1.** Sintesi dei principali decreti ministeriali che disciplinano l'ambito EoW in Italia.

Codice e titolo	Finalità	Rifiuti considerati
D.M. 5/98 Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, ex. artt. 31 e 33 del d.lgs 22/97	Definisce modalità, procedimenti e metodi di recupero per i rifiuti non pericolosi, ammessi alle procedure semplificate. La norma dispone che i prodotti, le materie prime, o le materie prime secondarie ottenuti dalle attività di recupero o riciclaggio, devono presentare caratteristiche merceologiche conformi alla normativa tecnica di settore o, alle norme commerciali e non devono presentare caratteristiche di pericolo superiori a quelle dei prodotti e delle materie che si ottengono dalla lavorazione delle materie prime vergini	Oltre 200 materiali non pericolosi
D.M. 161/2002 Reg. attuativo degli artt. 31 e 33 del D.Lgs 22/97, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate	Il decreto si riferisce ai rifiuti pericolosi e prevede di applicare quanto già indicato dal D.M. 5/1998 riguardo all'attenzione per la salute dell'uomo e dell'ambiente, dando indicazioni per evitare situazioni di rischio e inconvenienti, e per garantire la tutela del paesaggio e dei siti di interesse.	Materiali pericolosi
D.M. 14.02.2013, n. 22 Reg. per la cessazione della qualifica di rifiuto di determinate tipologie di combustibili solidi secondari (Css) – Attuazione art. 184-ter del D.Lgs 152/2006	La norma definisce i criteri specifici da rispettare affinché determinate tipologie di combustibili solidi secondari (Css) cessino di essere qualificate come rifiuto e stabilisce procedure e modalità affinché le fasi di produzione e utilizzo dei Css- avvengano senza pericolo per la salute dell'uomo e senza pregiudizio per l'ambiente.	Combustibili solidi secondari (Css) e oli usati
D.M. 28.03.2018, n. 69 Reg. per la cessazione della qualifica di rifiuto di conglomerato bituminoso, ex. art. 184-ter, 2°co. del D.Lgs 152/2006	Il regolamento stabilisce i criteri specifici in presenza dei quali il conglomerato bituminoso cessa di essere qualificato come rifiuto, e non si applica al conglomerato bituminoso qualificato come sottoprodotto.	Conglomerato bituminoso e granulato di conglomerato bituminoso
D.M. 188/2020 Reg. per la cessazione della qualifica di rifiuto di carta e cartone, ex. art. 184-ter, 2°co. del D.Lgs 152/2006	Disciplina i criteri specifici per la cessazione della qualifica di rifiuto da carta e cartone (definiti "carta e cartone recuperati"), mentre non incide né sugli aspetti quantitativi, né sulle condizioni per svolgere attività di recupero secondo la procedura semplificata.	Carta e cartone, imballaggi di carta e cartone, imballaggi compositi, imballaggi in materiali misti.

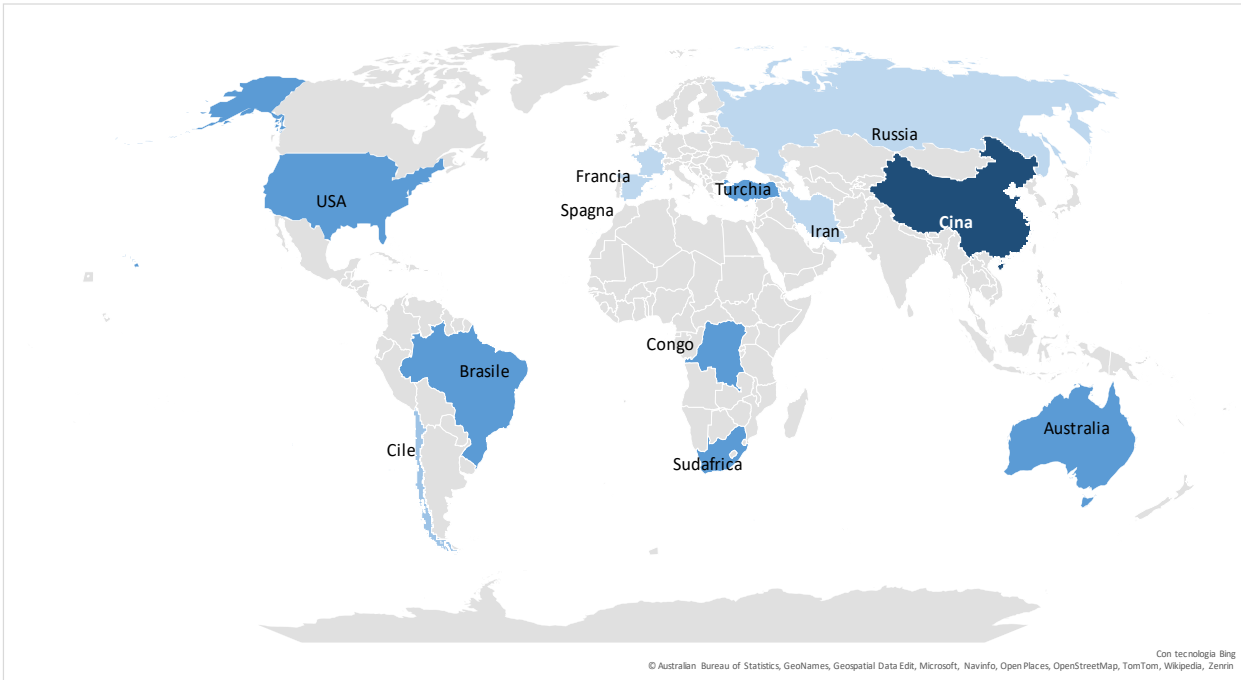
Codice e titolo	Finalità	Rifiuti considerati
D.M. 62/2019 Reg. per la cessazione della qualifica di rifiuto di prodotti assorbenti per la persona (PAP), ex. art. 184-ter, 2°co. del D.Lgs 152/2006	Il decreto disciplina i criteri specifici in base ai quali le plastiche eterogenee a base di poliolefine, il SAP1 e la cellulosa, derivanti dal recupero di rifiuti di prodotti assorbenti per la persona, cessano di essere qualificati come rifiuto.	Plastiche eterogenee a base di poliolefine, SAP (Super Absorbent Polymer), poliacrilato di sodio, cellulosa ad alto o a basso contenuto di SAP.
D.M. 78/2020 Reg. per la cessazione della qualifica di rifiuto della gomma vulcanizzata derivante da pneumatici fuori uso, ex. art. 184-ter del D.Lgs 152/2006	La norma stabilisce i criteri specifici in base ai quali la gomma vulcanizzata derivante dal recupero di pneumatici fuori uso e gli sfridi di gomma cessano di essere qualificati come rifiuto. La norma non si applica alla gomma vulcanizzata qualificata come sottoprodotto.	Pneumatici, gomma vulcanizzata, sfridi di gomma vulcanizzata che possono provenire sia dalla produzione di pneumatici nuovi, sia dall'attività di ricostruzione degli pneumatici.
D.M. 27.09.2022, n. 152 Reg. per la cessazione della qualifica di rifiuto dei rifiuti inerti da costruzione e demolizione e di altri rifiuti inerti di origine minerale, ex. art. 184-ter, 2°co. del D.Lgs 152/2006	La norma stabilisce i criteri specifici in base ai quali i rifiuti inerti dalle attività di costruzione e di demolizione e gli altri rifiuti inerti di origine minerale sottoposti ad operazioni di recupero, cessano di essere qualificati come rifiuti	Rifiuti inerti derivanti dalle operazioni di costruzione e demolizione e altri rifiuti inerti di origine minerale

nitaria un forte elemento di dipendenza da altri Paesi (Figura 1). Si calcola, ad esempio, che la richiesta di litio, necessario per la produzione delle batterie, in tutto il settore della mobilità e per l'accumulo di energia, da qui al 2050, crescerà di 89 volte. Già oggi l'Europa non è in grado di soddisfare più del 50% della domanda di cobalto, mentre per le terre rare vi sarà un aumento della richiesta pari a 17 volte in più rispetto ad oggi e per il gallio, utilizzato per produrre i semiconduttori, la domanda crescerà di almeno 6 volte (Carrara et al., 2023). Per converso, la Cina detiene una posizione di quasi monopolio nell'estrazione degli elementi pesanti delle terre rare, che vengono utilizzati nei magneti permanenti e per la raffinazione del magnesio, fornendo di tali materie prime il 97% del totale importato dall'Europa; inoltre, il 63% del cobalto è estratto in Congo e la Cina provvede per il 60% alla sua raffinazione. Il reperimento di questi materiali ha poi dei costi ambientali e sociali molto elevati. Il litio, ad esempio, richiede circa 1,2 milioni di litri d'acqua per estrarne 1 tonnellata dalla salamoia ed il costo per il recupero è ancora piuttosto elevato: circa 62\$ per kWh, contro un guadagno di 42\$ per kWh (Ciez e Whitacre, 2019). L'utilizzo del sodio, che presenta caratteristiche chimico-fisiche molto simili e che si ricava dal mare, potrebbe costituire una valida alternativa; assieme anche ad altre soluzioni quali la geotermia, che abbina alla produzione termoelettrica l'estrazione di minerale dalle brine, a ciclo chiuso e con ridotte emissioni, o la tecnologia elettrocinetica, tutt'ora in fase di studio, ma già utilizzata per l'estrazione di altri metalli più comuni come, ad esempio, il rame (Battistel et al., 2020).

### 3.2. Le opportunità dell'innovazione sostenibile

Un altro aspetto rilevante riguarda la sostituzione dei materiali più inquinanti ed il reimpiego di determinati composti, come quelli presenti nei RAEE, allo scopo di massimizzare l'utilizzo e l'efficienza di quelle sostanze che, durante le fasi di estrazione e di lavorazione hanno impatti significativi sull'ecosistema. Ricerca e innovazione stanno offrendo una gamma sempre più ampia di prodotti alternativi, che consentono di ridurre l'uso di materiali inquinanti. Ad esempio, la lignina, costituita da uno scarto della produzione della polpa di cellulosa derivante dal legno potrebbe sostituire la grafite nelle batterie: con la lignina potrebbe essere possibile produrre i transistor, che sono i componenti fondamentali di qualunque circuito elettronico e per i quali si stima per i prossimi anni una produzione di sei sestilioni (Operamolla, 2017).

La diffusione su tutto il territorio nazionale degli impianti necessari al funzionamento delle nuove tecnologie, alle telecomunicazioni, per il passaggio alla mobilità elettrica e per la produzione di energia da fonti rinnovabili presenterà, in un prossimo futuro, il problema dello smaltimento delle componenti dismesse, oltre a quello dei rifiuti prodotti in fase di ammodernamento degli impianti già esistenti (IEA, 2021). Anche in questo ambito la ricerca e sviluppo può contribuire in modo significativo nell'individuare soluzioni innovative per il recupero dei materiali o per il loro riutilizzo, riducendo gli impatti ambientali associati alla gestione del fine vita di prodotti complessi e al contempo favorendo il riutilizzo di materiali preziosi (Cellura et al., 2023).



**Figura 1.** Paesi fornitori delle principali Materie Prime Critiche (elaborazione degli autori da JRC, 2020).

### 3.3. Tracciabilità del ciclo di vita dei materiali

In continuità con altre disposizioni comunitarie in materia di ambiente e lotta al cambiamento climatico, il Regolamento per le Materie Prime Critiche si concentra sulle materie prime non energetiche e non agricole indispensabili a numerosi settori strategici, come il settore energetico, l'industria digitale, il settore aerospaziale, la difesa ed il settore sanitario: si tratta di settori la cui continuità è strategica e di conseguenza la disponibilità di materie prime è essenziale per garantire la tenuta del sistema economico internazionale (COM 2023/160). La proposta è in linea con le precedenti strategie europee ed è basata sulla valutazione delle criticità economiche e sociali legate alla dipendenza dei Paesi membri da materie prime non disponibili in Europa. Le azioni che fino ad ora l'UE ha messo in campo non sono state tuttavia sufficienti a garantire un approvvigionamento sicuro delle materie prime critiche. La COM 2023/160 si pone l'obiettivo di semplificare l'estrazione, la lavorazione ed il riciclaggio delle sostanze e dei materiali, attraverso il rafforzamento delle diverse fasi della catena del valore e la garanzia della libera circolazione dei materiali nel mercato unico, pur tenendo alta l'attenzione sulla tutela dell'ambiente e migliorando circolarità e sostenibilità.

A questo proposito, l'UE sta lavorando su diversi fronti. A giugno del 2023 ha affrontato la questione della tracciabilità di rifiuti complessi con una nuova proposta di regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa alle batterie ed ai rifiuti delle batterie, che ha modificato la direttiva 1020/2019/

CE e che andrà gradualmente a sostituire la Direttiva 2006/66/CE. Il fine è quello di incentivare il progresso tecnologico nel settore delle batterie, riducendo gli impatti causati dalla loro produzione sull'ambiente. Per la prima volta i requisiti obbligatori riguarderanno l'intero ciclo di vita delle batterie al litio e si prevede una suddivisione delle batterie in gruppi a seconda dell'applicazione per cui vengono progettate. Inoltre, da maggio 2026, quelle con capacità superiore ai 2kWh, immesse sul mercato europeo, per essere conformi ai requisiti di tracciabilità e sicurezza previsti dal regolamento, dovranno possedere il cosiddetto "battery passport", documento digitale finalizzato a rendere disponibili a tutta la filiera, dai produttori agli utilizzatori finali e agli operatori addetti al riciclo, informazioni dettagliate sugli elementi componenti tali prodotti e sulla tracciabilità di sostanze e componenti (Halleux, 2023). Sempre sotto il profilo dell'identità dei materiali e della trasparenza per la tracciabilità dei prodotti vanno altresì segnalate la COM 142/2022 sulla progettazione ecocompatibile dei prodotti sostenibili, che verrà applicata ad una più ampia gamma di prodotti, e la direttiva 2017/821/CE sui minerali provenienti dalle zone di conflitto, con la quale si richiede agli importatori di stagno, tantalio, tungsteno e oro di istituire e attuare politiche che affrontino gli impatti sui diritti umani legati ai conflitti armati e sui diritti del lavoro lungo la catena del valore.

In tema di etichettatura e di comunicazione al mercato, con la COM 166/2023, in particolare, il Parlamento europeo ed il Consiglio hanno denunciato

che il 53,3% degli slogan ambientali utilizzati dalle imprese contengono informazioni vaghe, fuorvianti ed infondate sull'impatto ambientale dei prodotti. Lo studio ha poi rilevato che il 40% delle indicazioni tra quelle analizzate non erano comprovate e ciò permette (anche ad alcuni grandi marchi) di ingannare i consumatori, che credono di operare delle scelte etiche acquistando abiti fatti con: cotone organico, nylon riciclato, risparmio di acqua, pelle rigenerata, quando invece non è così (Della Rosa, 2022).

Con riferimento allo sviluppo dell'economia circolare, l'Italia ha buone possibilità per essere sfidante, avendo un'economia caratterizzata dalla presenza di piccole e medie imprese, operanti soprattutto nel manifatturiero, attente alle evoluzioni del mercato e particolarmente votate all'innovazione.

### 3.4. Imprese italiane leader nell'innovazione circolare

L'Italia, da sempre povera di materie prime, è una delle economie più circolari d'Europa (Figura 2). Nel nostro Paese si ricicla circa il 68% dei rifiuti prodotti, in particolare rifiuti tessili, carta, metalli, vetro, materiali da costruzione ed oli minerali usati. Per questi ultimi, in particolare, vantiamo un primato avendo rigenerato, solo nel 2021, il 68% delle 186.000 T di olio usato conferito e nel 2022 il 65,5% pari a 177.400 T di olio processato nelle raffinerie, risparmiando così circa 82 milioni di Euro in importazioni di greggio. Dobbiamo però poi fare i conti con un sistema normativo

che non agevola gli operatori economici e ostacola la capacità di aumentare le attività di estrazione, lavorazione e riciclo delle materie prime e con un mercato non strutturato degli EoW, incapace di fare fronte alla domanda di materia prima.

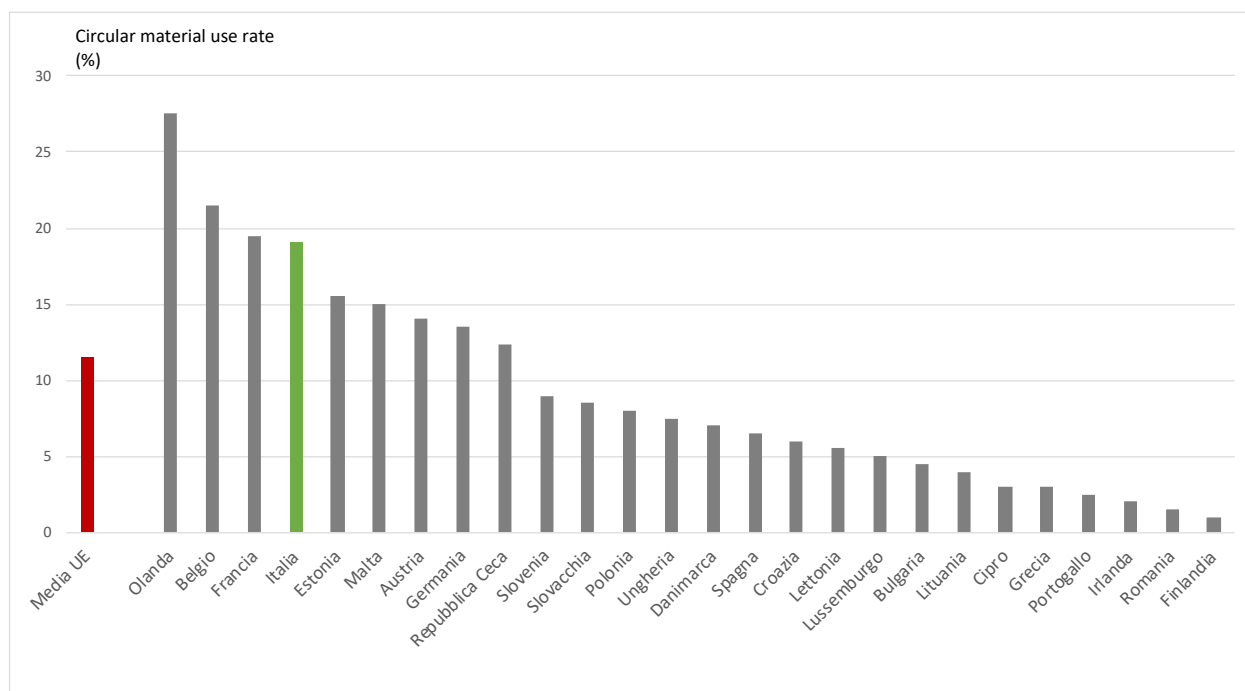
Nella comunità scientifica sono numerosi i progetti di ricerca, di base e applicata, in tutti i settori, per testare sempre nuove opzioni di riciclo di materiali, materiali sostitutivi, o maggiormente ecologici, aprendo innumerevoli opportunità per il mercato. Parallelamente cresce il numero delle imprese che investono risorse e idee per sviluppare tecnologie e processi volti a valorizzare gli scarti e i rifiuti, come dimostrano i brevetti industriali depositati in Europa. I partner europei stanno già iniziando a cogliere le opportunità industriali e chi farà investimenti per primo e più velocemente, si assicurerà un posto di rilievo in questo nuovo paradigma di sviluppo economico (Carollo e Rigamonti, 2019).

Per venire incontro alle realtà produttive italiane, servono dunque azioni coordinate da diversi soggetti economici e politici a livello locale e nazionale, che consentano di fare dell'economia circolare il volano per uno sviluppo locale sostenibile.

## 4. Alcune proposte per uno sviluppo circolare e sostenibile

### 4.1. Servizi informativi diffusi e integrati

In primo luogo, è importante riconoscere che le aziende interessate a sviluppare progetti di economia



**Figura 2.** Percentuale di utilizzo di materiali provenienti da riciclo nei Paesi europei (elaborazione degli autori con dati da Eurostat, 2022).

circolare necessitano di servizi informativi strutturati, che consentano loro sia di operare scelte consapevoli, sia di avvicinare offerta e domanda di materie prime-secondarie, ottimizzando così i processi produttivi, i costi energetici, nonché l'impiego del personale, delle capacità e delle competenze di ciascuno e massimizzando i profitti.

Operare in un'ottica di circolarità sarà fonte di ricchezza per le imprese italiane, che potranno aumentare l'efficienza della propria attività produttiva, grazie a dei sistemi di riutilizzo dei materiali e allo sviluppo di soluzioni alternative per la sostituzione di alcuni di essi. Viceversa, quando i prodotti, al termine del loro ciclo di vita, non vengono adeguatamente reintegrati in regolari circuiti di riciclo, il valore dei materiali che li compongono viene irrimediabilmente perduto.

Questo potrà anche mettere un freno alla domanda interna di materie prime, venendo a crearsi una sorta di "riserva interna" per una maggiore autonomia grazie alla capacità di auto approvvigionamento cui farà seguito anche una riduzione delle importazioni ed un abbattimento dei costi. L'Europa, ad esempio, è già autosufficiente nei minerali da costruzione; in particolare nel settore del recupero dei granulati è uno tra i principali produttori mondiali di pietra di gesso e pietra naturale, oltre a vantare un primato a livello mondiale nella produzione di alcuni materiali industriali. Concentrarsi sulle attività necessarie al recupero dei materiali, potrebbe rivelarsi una valida alternativa anche per occupare una grossa parte della forza lavoro già presente nelle aziende, se non addirittura portare all'apertura di nuovi comparti e ciò è importante in vista dei cambiamenti dovuti all'avvento delle nuove tecnologie. Secondo le previsioni dell'Associazione Componentisti dell'Automotive Europea (CLEPA – European Association of Automotive Suppliers), ad esempio, il passaggio all'auto elettrica previsto per il 2035, che indurrà all'abbandono dei motori termici, metterà a rischio molti posti di lavoro. Da qui al 2040, solo in Europa, le competenze di 275.000 lavoratori non saranno più necessarie, di questi 60.000 sono in Italia. Il problema nasce dal fatto che la costruzione di un'auto elettrica richiede dal 25% al 35% di manodopera in meno. Specularmente, la Commissione Europea calcola che, grazie all'economia circolare, nasceranno nuovi settori economici che potranno offrire all'incirca 170.000 nuove occupazioni. La filiera della componentistica in Italia rappresenta un'eccellenza mondiale e l'avvento dell'auto elettrica abiliterà comunque dei nuovi settori industriali, come quello delle batterie, che darà lavoro non soltanto a chi è stato formato nel campo della progettazione e della produzione, ma anche a chi abbia acquisito delle conoscenze nel campo del riciclo; a patto, ovviamente, di provvedere allo sviluppo di nuove tecnologie, capaci di trattare rifiuti difficili, o di recuperare materie prime di maggiore valore. (Larizza, 2023).

#### 4.2. *Strumenti normativi a supporto di ricerca e sviluppo*

Un secondo ambito di crescita per l'economia circolare in Italia riguarda le attività di ricerca e sviluppo, che necessitano di supporto consulenziale per risolvere i vuoti normativi che inibiscono i percorsi autorizzativi per nuove opzioni di recupero e riciclo. Se, in generale, un contesto normativo lacunoso, confuso e discordante può impigrire un qualsiasi spirito d'iniziativa, nel caso di specie, questo sta addirittura scoraggiando la volontà delle aziende ad attribuire un valore ai propri scarti e sta lasciando che una parte molto importante delle potenzialità di crescita dell'impresa italiana resti inutilizzata (Fabris e Mazzi, 2018).

Non è un caso che, tra i pilastri su cui si basa il piano industriale del Green Deal, vi sia la volontà di creare "un contesto normativo prevedibile, coerente e semplificato" assieme ad un "commercio aperto per catene di approvvigionamento resilienti". È dunque evidente che rafforzare la certezza del diritto per gli investitori e per le imprese, sia un passo fondamentale per promuovere la stabilità del mercato internazionale. D'altro canto l'Europa ha sempre voluto favorire la creazione di un quadro legislativo e amministrativo chiaro e ciò anche al fine di creare condizioni eque tra le imprese e i Paesi che vogliono accedere alle materie prime. La stessa Commissione Europea sottolinea il fatto che una regolamentazione non equilibrata può impattare sulla competitività, attraverso l'imposizione di oneri inutili, oltre ad ingenerare sfiducia, timori e incertezze sia nella domanda che nell'offerta. Un ambiente normativo chiaro, viceversa, costituisce un incentivo fondamentale per gli investimenti. Un traguardo importante, dunque, deve essere quello di semplificare le procedure di autorizzazione, rendendole più snelle e prevedibili, di ridurre la durata e di eliminare gli intoppi burocratici, venendo così incontro a chi opera all'interno di un mercato unico, pur senza abbassare il livello di attenzione sulla conservazione e sulla salvaguardia dell'habitat e della salute umana.

Molte poi sono le iniziative legislative che si concentrano sul trattamento ed il riciclaggio dei rifiuti provenienti da prodotti che contengono materie prime critiche. La cornice normativa in tema di rifiuti (Direttiva 2008/98/CE) ha messo l'accento sulla necessità di prevenire la produzione di rifiuti per i prodotti contenenti CRM ed include una disciplina sui flussi che le contengono. La direttiva quadro sui rifiuti estrattivi 2006/21/CE, generati dalle operazioni minerarie, ha richiesto agli operatori per le strutture di deposito dei rifiuti attualmente in funzione ed agli Stati membri per le strutture di deposito dei rifiuti chiuse e abbandonate, di analizzare il potenziale di recupero delle CRM nei rifiuti di estrazione. La direttiva sui Rifiuti di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche, 2012/19/CE, stabilisce regole per promuovere la prepara-

zione per il riutilizzo, il riciclo e altre forme di recupero dei RAEE e ciò non solo al fine di contribuire all'uso efficiente delle risorse, ma anche per il recupero delle materie prime-secondarie, comprese quelle critiche. Inoltre, è in corso una revisione congiunta delle direttive 2000/53/CE, per i veicoli fuori uso e 2005/64/CE sull'omologazione dei veicoli a motore, con l'obiettivo di ridurre i rifiuti dei veicoli a fine vita e dei loro componenti e di aumentare la circolarità dei veicoli convenzionali ed elettrici che contengono quantità significative di CRM. Sono anche stati introdotti requisiti specifici per migliorare la riciclabilità dei magneti permanenti nei veicoli. Infine, la proposta relativa alle pile e ai rifiuti di pile (COM 798/2020) contiene disposizioni specifiche per le CRM per le pile immesse nel mercato unico, in linea con il Reg. per le Materie Prime Critiche che mira ad incrementare la capacità dell'Ue di rifornirsi.

#### *4.3. Tracciabilità circolare, da risorse a rifiuti a nuove risorse*

Una terza linea di sviluppo dell'economia circolare italiana riguarda i materiali recuperati, che necessitano di sistemi di tracciabilità che contengano informazioni precise e dettagliate sulle caratteristiche merceologiche dei materiali di origine, oltre che sui trattamenti cui vengono sottoposti durante le diverse fasi di produzione e recupero. Anche il fattore culturale gioca un ruolo importante per incoraggiare imprese e consumatori ad acquistare prodotti di "seconda vita". Trasparenza e garanzia di sicurezza sono alcuni tra i fattori principali che possono garantire un nuovo mercato dei materiali recuperati. Ciò spingerà le aziende a vedere come una "risorsa" ciò di cui, ancora troppo spesso si disfano, per scarsa informazione, per cattiva gestione, o per mancanza di opportunità. Lo stesso Parlamento ed il Consiglio, mediante proposta di regolamento n. 798/2020 hanno richiesto una maggiore trasparenza e più informazioni per gli utilizzatori finali sull'impronta ecologica delle materie prime critiche immesse nel mercato unico europeo. Troviamo, ad esempio, le direttive 1272/2008/CE per la classificazione, l'etichettatura e l'imballaggio di sostanze e miscele e 1907/2006/CE sulle misure di riduzione dei rischi, che disciplina la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche (REACH) per garantire la loro stessa sicurezza e quella dei prodotti che le contengono e che circolano in territorio europeo. Questo filone di norme, specificatamente dedicate, assume un'importanza particolare in alcuni degli utilizzi delle materie prime critiche, giacché tutela in maniera più stringente la salute dell'uomo e dell'ambiente disponendo l'eliminazione delle sostanze tossiche in linea con il Green Deal e la sostituzione delle sostanze chimiche più pericolose contenute nei prodotti di consumo e ad uso professionale. Di tracciabilità si è occupato

anche COMIECO (Consorzio Nazionale Recupero e Riciclo degli Imballaggi a base Cellulosica), con un progetto pilota rivolto al settore cartario, che sfrutta una tecnologia in grado di tracciare i flussi dell'intera filiera (ossia: ogni balla che fuoriesce dall'impianto), compreso il tratto intermedio a valle dell'impianto di recupero che, fino ad oggi, era il solo rimasto scoperto. Il sistema si chiama RFID ed è composto da un microchip che comunica con gli altri componenti, quali l'antenna che, a sua volta, viene gestita da un controller che trasferisce i dati ad un computer, al cloud e viceversa. Il microchip assume forme diverse e questo lo rende adattabile a diversi tipi di supporto, a seconda degli usi. Il RFID rileva in modo univoco, massivo e a distanza gli oggetti sia statici che in movimento, identificandoli automaticamente e riuscendo non solo a leggere, ma anche a scrivere i dati raccolti, che vengono infine registrati su un'etichetta ed inseriti nei documenti di trasporto (Fragali, 2023).

Un'ulteriore opportunità di sviluppo dell'economia circolare tra le imprese italiane riguarda tutte le iniziative a sostegno della tracciabilità delle materie prime-seconde. I materiali che, cessata la qualifica di rifiuto, possono rientrare nel mercato in sostituzione di altre materie prime vergini, devono riportare informazioni complete e consistenti circa la loro precedente vita, così da poter essere utilizzate in modo adeguato per ottenere nuovi prodotti, garantendo la possibilità di verifiche circa composizione e provenienza. Lo stesso Green Deal esprime l'importanza di informare l'utilizzatore finale in merito alla sostenibilità, alla durata ed all'impatto ambientale dei prodotti, consentendogli così di operare scelte consapevoli.

Le aziende possono ottenere concreti vantaggi dall'economia circolare se domanda e offerta di materie prime-seconde consentono un utilizzo a pieno regime degli impianti, minimizzando i costi di produzione e massimizzando gli investimenti legati alle innovazioni. Inoltre, i benefici ambientali ed economici che si possono ottenere dalla chiusura del cerchio richiedono la minimizzazione delle fasi di trasporto, avvicinando le attività che producono gli EoW alle attività che utilizzano le materie prime-seconde. Se questi elementi non vengono ottimizzati, l'economia circolare rappresenta una sfida troppo rischiosa per le imprese e gli ostacoli al suo sviluppo superano le opportunità (Mazzi e Zampiero, 2019).

#### *4.4. Metriche per misurare la sostenibilità ambientale della circolarità*

Un ulteriore elemento di riflessione riguarda le modalità con cui si può misurare la sostenibilità delle opzioni di circolarità. Infatti, se tra le imprese sta emergendo l'esigenza di valutare l'opportunità di soluzioni di riciclo, anche il sistema economico nel suo complesso necessita di nuovi strumenti per misurare la convenienza ambientale associata all'utilizzo efficiente dei materiali e al tasso



di recupero e di riciclo degli scarti industriali. Nuove metriche di sostenibilità ambientale devono essere elaborate per consentire a coloro che operano sul territorio di sostenere cambiamenti verso l'economia circolare che garantiscano uno sviluppo locale sostenibile; ne sono un esempio le iniziative volte a quantificare i benefici apportati dall'ecodesign dei prodotti e dai processi produttivi ripensati per un miglioramento complessivo delle performance di settore (Barbato e Rigamonti, 2023).

In merito, si può citare la strategia di CONAI (Consorzio dei produttori e degli utilizzatori degli imballaggi), volta a conseguire gli obiettivi di riciclo dei rifiuti di imballaggio valorizzando l'eco-design e il "design for recycling". Si calcola, infatti, che le scelte adottate in fase di progettazione, incidano addirittura per l'80% sugli impatti ambientali che l'imballaggio può produrre durante il suo intero ciclo di vita.

Nell'ottica di venire incontro alle aziende che, nelle varie fasi di recupero e di riciclo dei materiali, devono ottemperare agli obblighi di legge, sono state attuate diverse iniziative di supporto. CONAI, ad esempio, ha sviluppato delle "Linee guida per la facilitazione delle attività di riciclo degli imballaggi in materiale a prevalenza cellulosa" (Picerno, et al., 2020). Accanto a queste, si ricordano altresì le linee guida SNPA, aventi l'obiettivo di agevolare le aziende nella comprensione della procedura per l'ottenimento delle autorizzazioni e per assicurare armonizzazione, efficacia ed omogeneità su tutto il nostro territorio, nel rilascio dei pareri e per pianificare e portare a compimento le ispezioni agli impianti di trattamento dei rifiuti (Mazzella e D'Alessandro, 2022).

## 5. Conclusioni e sviluppi futuri

Le aziende italiane, ed in particolare le piccole e medie imprese manifatturiere, necessitano di strumenti e di incentivi che le rendano più resilienti e maggiormente preparate ad affrontare le sfide dell'economia circolare, delle materie prime critiche e della digitalizzazione (Figura 2). Questo, in particolare, ottimizzando l'uso delle risorse nei processi produttivi e risparmiando sui costi dei materiali con un relativo aumento dei profitti. Serve inoltre un sistema normativo più chiaro e coerente, che non si limiti a tracciare i confini tra ciò che è lecito e ciò che non lo è, o a stabilire presupposti e condizioni, ma che sappia anche farsi interprete delle attività d'impresa, attraverso una più approfondita analisi delle difficoltà che s'incontrano, in concreto, durante le diverse fasi dei processi di produzione. Ad oggi, viceversa, la norma si presenta vaga, eccessivamente astratta e troppo lontana dai singoli contesti, generalmente non fornendo delle soluzioni, ma limitandosi a stabilire dei vincoli. Nel complesso, la regolamentazione per la gestione dei rifiuti lascia troppo soli gli operatori e talvolta addirittura limita le possibilità di innovazione circolare ed il com-

mercio di alcune materie prime-secondarie. Un aspetto importante che riguarda tutti gli attori della filiera, direttamente o indirettamente coinvolti, consiste nel rendere disponibili informazioni e dati relativi alla "storia" dei prodotti e dei materiali. Ogni soggetto sul mercato ha il diritto di ricevere informazioni consistenti circa l'origine e i passaggi di ogni materiale; al contempo, ciascun soggetto deve assumersi il dovere di trasferire informazioni complete e trasparenti circa l'origine e le trasformazioni di ogni materiale e componente. Codificare e tracciare i materiali, le sostanze e i prodotti rappresenta una delle condizioni sine qua non per operare scelte consapevoli e per sostenere uno sviluppo sostenibile dell'economia circolare.

Dall'analisi fin qui condotta emergono dunque alcune raccomandazioni volte a snellire i percorsi burocratici e a favorire la piena conoscenza delle proprietà e degli utilizzi dei materiali, al fine di ottimizzare i processi di produzione e l'impiego delle risorse a disposizione, di dare maggiore impulso al mercato delle materie prime seconde e al loro interscambio. In primis, appare necessario operare una raccolta dei criteri EoW fino ad ora autorizzati, per disporre di una banca dati completa, che rappresenti l'intero territorio nazionale, che sia costantemente aggiornata e facilmente fruibile. I dati potrebbero essere attinti dal catalogo della piattaforma Recer del MATTM, dagli archivi degli uffici regionali preposti e dalle aziende che sperimentano nuovi processi di recupero. L'attività verrebbe sia incontro alle imprese, al momento di definire le loro scelte strategiche; sia potrebbe, in un immediato futuro, costituire un buon punto di partenza per la stesura dei nuovi decreti con cui si andranno a regolamentare le sostanze ed i materiali tuttora privi di una disciplina ad hoc. Nel primo caso, infatti, parteciperebbe a colmare il gap normativo dovuto a delle leggi spesso contraddittorie e a dei criteri il cui raggio d'azione copre soltanto alcune zone d'Italia; nel secondo caso, invece, andrebbe ad integrare i contenuti delle linee guida SNPA, aggiungendo sostanza agli stessi obiettivi delle autorità regionali per la tutela dell'ambiente.

È altrettanto importante integrare il lavoro con uno studio degli impatti ambientali e sociali evitati dagli EoW, che derivano ad esempio dall'estrazione di determinate materie prime e/o materie prime critiche, tenendo in debita considerazione anche i rischi associati a salute e sicurezza dei lavoratori nei processi di riciclo (Battiston et al., 2023). Il tutto fornirebbe un quadro dei costi e dei ricavi per il recupero dei materiali e una valutazione dei benefici sociali associati al recupero di materiali: tali informazioni, unite alla convenienza ambientale del riciclo, potrebbe guidare a scelte effettivamente sostenibili, non solo dal punto di vista ambientale ma anche socio-economico.

Per dare maggiore equilibrio al mercato degli EoW e per ripensare i processi produttivi affinché diventi possibile dissociare l'incremento degli utili all'acquisto compulsivo di materia prima vergine, bisogna attribuire agli scarti/sfridi il loro giusto valore e tale obiettivo non può essere raggiunto senza una conoscenza adeguata circa: le migliori tecnologie disponibili per le attività di recupero e l'estrazione delle materie prime (in particolare di quelle cd. critiche) che consentono, ad esempio, un minore consumo di acqua, minori rischi di subsidenza, o di abbassamento dei terreni, o di rilascio di composti chimici; i case studies di successo (o "best ideas") in tema di riutilizzo dei materiali; le "best end-of-waste practice", ossia le pratiche che utilizzano materiali facilmente riutilizzabili o riciclabili, progettati in funzione anche alla loro possibilità di diventare materia prima seconda, o che consentono una maggiore efficienza in fase di produzione; e i "best end-of-waste criteria", ossia i criteri da cui si generano prodotti di qualità superiore.

Altro nodo fondamentale è quello della tracciabilità: per sostenere lo sviluppo di un mercato della circolarità è essenziale definire una procedura di codificazione alla quale le aziende potranno fare riferimento per scrivere i loro codici che costituiranno il documento identificativo per tracciare i loro prodotti recuperati, quali sfridi e scarti industriali. Questi "passaporti" dovranno riportare l'intero ciclo di vita dei materiali: estrazione, fasi di lavorazione, utilizzo/scopo, smaltimento e infine, le attività di recupero svolte per il ritorno sul mercato. Dovranno essere indicati gli elementi estranei, eventualmente presenti, gli agenti chimici, o le sostanze tossiche con cui i materiali siano entrati in contatto e riportate puntualmente le proprietà e le caratteristiche dei materiali e/o delle sostanze.

Prima di procedere alla stesura di un modello di codificazione, bisognerà soffermarsi sulle singole definizioni di "sfrido" e "scarto industriale", la cui natura e le cui caratteristiche incidono sui contenuti e sulle finalità dell'etichetta che li accompagnerà. Questo non soltanto per garantire sicurezza, qualità e trasparenza dei rinati prodotti, ma anche e soprattutto per stabilire e sviluppare un linguaggio comune, che unisca tutti gli operatori della filiera, che potranno così interfacciarsi tra loro in modo massimamente efficace, chiaro, semplice e veloce, indipendentemente dalle diverse competenze di ciascuno. Si ritiene, infatti, che solo una condivisione ampiamente diffusa delle esperienze e delle competenze sul campo dei rifiuti recuperati, potrà portarci verso l'eccellenza delle performance di circolarità.

Per concludere, in accordo con quanto detto sopra, la realizzazione di una piattaforma web open access, realizzata con tecnologie che garantiscano la massima sicurezza e veridicità dei contenuti, oltre a favorire la compravendita degli scarti/sfridi, dei materiali recu-

perati e dei rifiuti cessati (anche sui mercati esteri) e a promuoverne l'utilizzo (allungando, di conseguenza, il tempo della loro vita utile), consentirà anche una maggiore visibilità delle nostre imprese, senza lasciare indietro nemmeno i piccoli artigiani e gli artisti che utilizzino, anche in piccole quantità, materiali recuperati per la realizzazione delle loro opere. Grazie a questo strumento, tutti gli attori della filiera potranno fare rete, dando avvio ad un processo di contaminazione che con il tempo potrà progressivamente autoalimentarsi e coinvolgere investitori, produttori, distributori e consumatori. Un simile traguardo è in linea con gli stessi obblighi commerciali e internazionali stabiliti dall'UE e con la politica commerciale comune dei Paesi membri, la quale al fine di rafforzare e diversificare l'approvvigionamento di materie prime critiche, prevede l'opportunità di rivolgersi ai mercati esteri, pur senza compromettere le norme commerciali e la concorrenza internazionale.

In questo contesto, sarà utile anche svolgere un'attività di disseminazione che consenta alle imprese di testimoniare le proprie esperienze nel campo della circolarità, oltre che di valutare assieme anche alle autorità preposte i punti di forza e le fragilità che, in futuro, richiederanno maggiori investimenti. La piattaforma fornirà l'opportunità di farsi conoscere, di mettere in luce il proprio impegno nel campo della sostenibilità, catturando l'attenzione anche di nuovi investitori e nuove fasce di stakeholder. La piattaforma avrà altresì l'effetto di mettere in risalto sul mercato le imprese con i maggiori "hot-spot" ambientali, ovvero le attività dove si concentra un consumo eccessivo di materie prime, e le imprese con i maggiori "soft-spot" ambientali, caratterizzate dalle migliori performance di circolarità.

Infine, la piattaforma potrebbe fungere da ulteriore garanzia di sostenibilità, non soltanto ambientale e circolare, ma più ampiamente anche sociale ed etica: le aziende potrebbero essere chiamate a fornire prove verificabili dei loro comportamenti etici, dimostrando di operare nel pieno rispetto dei diritti umani e dei lavoratori. Questo, tra l'altro, rispecchierebbe i propositi della COM 71/2022 (che modifica la direttiva 2019/1937/CE) sull'obbligo di diligenza in materia di sostenibilità delle imprese, con cui si prevede che le aziende forniscano garanzie adeguate sia in termini di rispetto dei diritti umani, sia sugli impatti ambientali negativi derivanti dalle proprie operazioni e lungo le catene del valore. ■

## Riferimenti bibliografici

- Barbato P.M., Rigamonti L. (2023). Analisi dei metodi di integrazione degli indicatori economici e ambientali. *Ingegneria dell'Ambiente* Vol. 10 n. 3/2023, 149-164.
- Battistel A., Palagonia M.S., Brogioli D., La Mantia F., Trócoli R. (2020). *Electrochemical methods for lithium*

- recovery: a comprehensive and critical review. *Advanced Materials* Vol. 32 n. 23, 1905440.
- Battiston E., Lovato G., Carlesso L., Mazzi A. (2023). Riciclo di pannelli solari e batterie: non solo una questione ambientale. *Ingegneria dell'Ambiente* Vol. 10 n.2/2023, 109-118.
  - Blois L., Passeri V. (2020). End of waste ed economia circolare. *Ecoscienza* Vol. 4, 64-67.
  - Carollo F., Rigamonti L. (2019). L'End of Waste: dalla culla alla crisi. *Ingegneria dell'Ambiente* Vol. 6 n. 4/2019, 286-294.
  - Carrara S., Bobba S., Blagoeva D., Alves Dias P., et al. (2023). Supply chain analysis and material demand forecast in strategic technologies and sectors in the EU – A foresight study, Publications Office of the European Union, Luxembourg, JRC132889.
  - Castellano F., 2017. End-of-waste, servono regole e procedure certe. *Ecoscienza*, 5, 46-48.
  - Cellura M., Luu L.Q., Guarino F., Longo S. (2023). A review on life cycle environmental impacts of emerging solar cells. *Science of The Total Environment* Vol. 908, 168019.
  - Ciez R.E., Whitacre J.F., 2019. Examining different recycling processes for lithium-ion batteries. *Nat Sustain* Vol. 2, 148-156.
  - COM 699/2008 (2008). Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo e al Consiglio, iniziativa “materie prime” – rispondere ai nostri bisogni fondamentali per garantire la crescita e creare posti di lavoro in Europa.
  - COM. 474/2020 (2020). Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni resilienza delle materie prime critiche: tracciare un percorso verso una maggiore sicurezza e sostenibilità.
  - COM 798/2020 (2020). Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo e al Consiglio relativo alle batterie e ai rifiuti di batterie, che abroga la direttiva 2006/66/CE e modifica il regolamento (UE) 1020/2019.
  - COM 142/2022 (2022). Proposta di regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio che stabilisce il quadro per l'elaborazione delle specifiche di progettazione ecocompatibile dei prodotti sostenibili e abroga la direttiva 125/2009/CE.
  - COM 71/2022 (2022). Proposta di Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio relativa al dovere di diligenza delle imprese ai fini della sostenibilità e che modifica la Direttiva 1937/2019/CEE.
  - COM 62/2023 (2023). Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni. Un piano industriale del Green Deal per l'era a zero emissioni nette.
  - COM 160/2023 (2023). Proposta di regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio che istituisce un quadro per garantire un approvvigionamento sicuro e sostenibile di materie prime essenziali e che modifica i regolamenti (UE) 168/2013, (UE) 858/2018, 1724/2018 e (UE) 102/2019.
  - COM 166/2023 (2023). Proposta di Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio sull'attestazione e sulla comunicazione delle asserzioni ambientali esplicite.
  - CONOU – Consorzio Nazionale Oli Usati, 2022, rapporto di sostenibilità.
  - Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale. *Gazzetta Ufficiale* n. 88 del 14 aprile 2006.
  - Decreto 5 febbraio 1998 individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 (modificato dal dm 5 aprile 2006) *Gazzetta Ufficiale* suppl. ord. 16 aprile 1998, n. 88.
  - Decreto 12 giugno 2002, n. 161 regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate. *Gazzetta Ufficiale* 30 luglio 2002, n. 177.
  - Decreto 14 febbraio 2013, n. 22 regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto di determinate tipologie di combustibili solidi secondari (css), ai sensi dell'articolo 184-ter., comma 2, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni. *Gazzetta Ufficiale* s.g. n. 62 del 14 marzo 2013.
  - Decreto 11 ottobre 2017 criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici. *Gazzetta Ufficiale* s.g. n.259 del 6 novembre 2017.
  - Decreto 28 marzo 2018, n. 69 regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto di conglomerato bituminoso ai sensi dell'articolo 184-ter., comma 2 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. *Gazzetta Ufficiale* n. 139 del 18 giugno 2018.
  - Decreto 22 settembre 2020, n. 188 regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto da carta e cartone, ai sensi dell'articolo 184-ter, comma 2, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. *Gazzetta Ufficiale* n. 33 del 9 febbraio 2021.
  - Decreto 31 marzo 2020, n. 78 regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto della gomma vulcanizzata derivante da pneumatici fuori uso, ai sensi dell'articolo 184-ter del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. *Gazzetta Ufficiale* n. 182 del 21 luglio 2020.
  - Decreto-legge 19 maggio 2020, n. 34 (convertito con modifica dalla legge 17 luglio 2020, n. 77 in s.o. n. 25, relativo alla GU 18 luglio 2020, n. 180) misure urgenti in materia di salute, sostegno al lavoro e all'economia, nonché di politiche sociali connesse all'emergenza epidemiologica da covid-19. *Gazzetta Ufficiale* s.g. n.128 del 19 maggio 2020, suppl. ord. n. 21.
  - Decreto 27 settembre 2022, n. 152 regolamento che disciplina la cessazione della qualifica di rifiuto dei

- rifiuti inerti da costruzione e demolizione e di altri rifiuti inerti di origine minerale, ai sensi dell'articolo 184-ter, comma 2, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Gazzetta Ufficiale n. 246 del 20 ottobre 2022.
- Della Rosa D. (2022). Moda e Greenwashing, verso la regolamentazione del settore, NT+Diritto, Comunitario e Internazionale, Il Sole24h.
  - Directorate-General for Environment., 2014. The circular economy: connecting, creating and conserving value, KH-04-14-408-EN-C. Publications Office of the European Commission, ISBN 978-92-79-37810-2, doi: 10.2779/80121. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/80121>.
  - Direttiva 66/2006/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 6 settembre 2006 relativa a pile e accumulatori e ai rifiuti di pile e accumulatori e che abroga la direttiva 157/91/CEE.
  - Direttiva 1907/2006/CEE del Parlamento europeo e del Consiglio del 18 dicembre 2006 concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche (REACH), che istituisce un'agenzia europea per le sostanze chimiche, che modifica la direttiva 45/1999/CEE e che abroga il regolamento (CEE) n. 93/793 del Consiglio e il regolamento (CE) n. 1488/94 della Commissione, nonché la direttiva 769/76/CEE del Consiglio e le direttive della Commissione 155/91/CEE, 67/93/CEE, 105/93/CEE e 21/2000/CEE.
  - Direttiva n. 1272/2008/CEE del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2008 relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele che modifica e abroga le direttive 548/67/CEE e 45/1999/CEE e che reca modifica al regolamento (ce) n. 1907/2006.
  - Direttiva 98/2008/CEE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L. 312/3 del 22 novembre 2008.
  - Direttiva 19/2012/CEE del Parlamento europeo e del Consiglio del 4 luglio 2012 sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (raee).
  - Direttiva 821/2017/CEE del Parlamento europeo e del Consiglio del 17 maggio 2017 che stabilisce obblighi in materia di dovere di diligenza nella catena di approvvigionamento per gli importatori dell'Unione di stagno, tantalio e tungsteno, dei loro minerali, e di oro, originari di zone di conflitto o ad alto rischio – Gazzetta ufficiale Europea L. 130/1 del 19 maggio 2017.
  - Direttiva 2018/851/CEE del Parlamento europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018 che modifica la direttiva 98/2008/CE relativa ai rifiuti. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L. 150/109 del 14 giugno 2018.
  - Direttiva 1937/2019/CEE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2019 riguardante la protezione delle persone che segnalano violazioni del diritto dell'Unione 26.11.2019 Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L. 305/17 del 26 novembre 2019.
  - Eurostat (2022). EU's circular material use rate slightly up in 2022. Eurostat <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20231114-2>.
  - Fabris C., Mazzi A. (2018). "End of Waste": Dopo lo stop ai criteri regionali caso per caso, lo stato intervenga in fretta. Rivista Giuridica dell'Ambiente Vol. 4, 689-706.
  - Fragali E. (2023). Tracciabilità filiera cartaria – progetto pilota Comieco. Ingegneria dell'Ambiente Vol. 10 n. 3/2023, 209-211.
  - Halleux V. (2023). New EU regulatory framework for batteries: Setting sustainability requirements, EPRS – Servizio Ricerca del Parlamento europeo, servizio di ricerca per i deputati, PE 747.922.
  - IEA (2021). How can the world get to net zero emissions by 2050? – Financial Times. International Energy Agency, <https://www.ft.com/content/f9a03568-1cb1-4218-a519-5fcb528d03a>.
  - JRC (2020). Study on the EU's list of Critical Raw Materials. Final report. Joint Research Center.
  - Larizza A. (2023). Auto elettrica. L'Italia che non ha paura del 2035, Ed. Il Sole 24 Ore.
  - Mazzella D., D'Alessandro P. (2022). Linee Guida SNPA (Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente) 41/2022. Linee Guida per l'applicazione della disciplina End-of-Waste di cui all'art. 184-ter, 3°co. del D.Lgs 152/2006. Delibera del Consiglio SNPA – seduta del 23.02.2022. Doc. n. 156/22. ISPRA, ISBN 978-88-448-1099-3.
  - Mazzi A. (2021). Rifiuti: riciclarli o evitarli? Risposte dagli studi di analisi del ciclo di vita. Ingegneria dell'Ambiente Vol. 8 n. 2/2021, 114-125.
  - Mazzi A., Zampiero C. (2019). Circular Economy VS End of Waste: Quando la mancanza di regole limita l'innovazione. Ingegneria dell'Ambiente Vol. 6 n. 2/2019, 114-122.
  - Operamolla A. (2017). Nanocarta di cellulosa: proprietà e prospettive, La Chimica e l'Industria online, anno I, n. 3, 16-21.
  - Picerno G., Bonori B., Del Curto B. (2020). Linee guida per l'ecodesign: come facilitare il riciclo degli imballaggi in carta e cartone. Ingegneria dell'Ambiente Vol. 7 n. 3/2020, 251-253.
  - Regolamento (CE) n. 333/2011 del Consiglio europeo del 31 marzo 2011 recante i criteri che determinano quando alcuni tipi di rottami metallici cessano di essere considerati rifiuti ai sensi della direttiva 2008/98/CEE. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L. 94/2 del 8 aprile 2011.
  - Regolamento (CE) n. 1179/2012 della Commissione europea del 10 dicembre 2012 recante i criteri che determinano quando i rottami di vetro cessano di essere considerati rifiuti ai sensi della direttiva 2008/98/CEE. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L. 337/31 del 11 dicembre 2012.
  - Regolamento (CE) n. 715/2013 della Commissione europea del 25 luglio 2013 recante i criteri che determinano quando i rottami di rame cessano di essere considerati rifiuti ai sensi della direttiva 2008/98/CEE. Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L. 201/14 del 26 luglio 2013.



# INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

per il 2023 è sostenuta da:



INGEGNERIA  
DELL'AMBIENTE



N. 4/2023



Veolia Water Technologies Italia S.p.A.



STADLER ITALIA S.r.l.