



INGEGNERIA DELL'AMBIENTE



N. 2/2019



INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

Ingegneria dell'Ambiente (IDA) è una rivista scientifica ad accesso aperto (open access) nata nel 2014 da un'iniziativa della Sezione Ambientale del *Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale del Politecnico di Milano*.

La rivista è gratuita per autori e lettori (open access) ed è dotata di un sistema di revisione paritaria (peer-review).

Ingegneria dell'Ambiente pubblica articoli riguardanti la ricerca tecnico-scientifica nei campi di interesse dell'Ingegneria Sanitaria-Ambientale e si propone come strumento in lingua italiana per raggiungere e dialogare con tecnici ambientali, liberi professionisti, funzionari della pubblica amministrazione, formatori ed Enti di controllo.

La rivista ospita contributi in lingua italiana; ma sono richiesti anche un titolo e un abstract in inglese.

I temi di interesse della rivista sono:

- *Tecnologie per acque di approvvigionamento e di rifiuto.*
- *Riuso e recupero di energia e materia.*
- *Inquinamento dell'aria e depurazione delle emissioni in atmosfera.*
- *Inquinamento delle acque.*
- *Bonifiche dei suoli contaminati.*
- *Trattamento e gestione dei rifiuti.*
- *Valutazione di impatto ambientale.*
- *Cambiamenti climatici.*
- *Analisi del ciclo di vita.*
- *Energia e ambiente.*
- *Sistemi di gestione ambientale.*
- *Caratterizzazione, monitoraggio e modellistica dei fenomeni di inquinamento ambientale.*

Contributi su altri temi possono essere proposti indicando i legami con l'Ingegneria Sanitaria Ambientale, e saranno valutati dalla Direzione Scientifica della rivista. Devono essere originali nell'ambito delle pubblicazioni in lingua italiana, ossia non devono essere stati pubblicati nella stessa forma in atti di convegni o su altre riviste in lingua italiana.

Ingegneria dell'Ambiente pubblica:

- Articoli di ricerca, che illustrano risultati di ricerche tecnico-scientifiche.
- Articoli di review, che illustrano lo stato dell'arte.
- Comunicazioni tecnico-scientifiche, che illustrano risultati di progetti dimostrativi o soluzioni applicative innovative.
- Brevi resoconti di convegni o mostre.
- Recensioni di volumi, italiani e stranieri, di interesse per i campi dell'Ingegneria Sanitaria Ambientale.
- Editoriali o testi generali di inquadramento di temi di particolare rilevanza dell'Ingegneria Sanitaria Ambientale, scritti con un linguaggio divulgativo (su invito della Direzione Scientifica o del Comitato Scientifico).

Per l'invio di proposte utilizzare la piattaforma all'indirizzo: www.ingegneriadellambiente.net

Ingegneria dell'Ambiente ha il patrocinio di:

- **GITISA** (Gruppo Italiano di Ingegneria Sanitaria, www.gitisa.it)
- **AIAT** (Associazione Ingegneri per l'Ambiente e il Territorio, www.ingegneriambientali.it).



Ingegneria dell'Ambiente è riconosciuta da:

ANVUR

(Agenzia Nazionale di Valutazione del Sistema Universitario e della Ricerca) come rivista scientifica dell'Area 08.



Ingegneria dell'Ambiente è indicizzata in **Google Scholar**.

La pubblicazione su **Ingegneria dell'Ambiente** è riconosciuta ai fini dell'ottenimento di **5 crediti** per la formazione informale prevista degli Ordini Professionali

La rivista è disponibile on-line all'indirizzo: www.ingegneriadellambiente.net



INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

INDICE



VOL. 6
NUM. 2
2019

Siamo sostenuti da:



EDITORIALI

20 anni di bonifiche: criticità e prospettive di evoluzione 83
Renato Baciocchi

L'approccio "Life Cycle Thinking" applicato alla gestione dei rifiuti: un modello a sostegno dell'Economia Circolare a garanzia della sostenibilità 85
Andrea Fedele, Lucia Rigamonti

ARTICOLI

Sostenibilità ambientale della valorizzazione di materie plastiche da discarica mediante land-fill mining 87
Grazia Maria Cappucci, Maurizio Avella, Roberto Avolio, Cosimo Carfagna, Maria Emanuela Errico, Paolo Neri, Martina Pini, Francesco Spina, Gianluigi Tealdo, Anna Maria Ferrari

Il Life Cycle Thinking come strumento di supporto verso la bioeconomia circolare: un caso studio nell'industria cosmetica 101
Francesca Rosa, Serena Errante, Federica Carlomagno, Giacomo Magatti

Circular economy vs end of waste: quando la mancanza di regole limita l'innovazione 114
Anna Mazzi, Chiara Zampiero

COMUNICAZIONI TECNICO-SCIENTIFICHE

La legislazione europea in materia di economia circolare e il ruolo dei governi nazionali ... 123
Massimo Mari, Antonio Fardelli, Lia Millucci

Valutare l'economia circolare secondo un approccio di Life Cycle Thinking: l'Atlante Italiano dell'Economia Circolare 135
Silvia Pezzoli, Silvia Vaghi

Circolare e sostenibile: verso l'ottimizzazione dei flussi materici nei processi di riqualificazione edilizia in Italia 151
Serena Giorgi, Monica Lavagna, Andrea Campioli

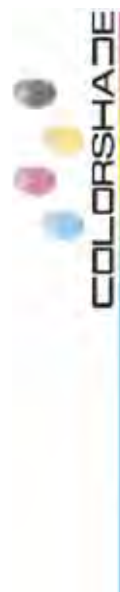
PUBBLIREDAZIONALI

L'attività di AUMA Italiana nei tavoli tecnici degli Enti Normativi 165
AUMA Italiana

La raccolta differenziata di carta e cartone in Italia continua a crescere: al Sud il 50% dei nuovi volumi 169
Comieco

CircOilEconomy: il dialogo che garantisce un futuro più circolare 171
CONOU



DIRETTORE RESPONSABILE*Stefano Caserini* (Politecnico di Milano)**DIREZIONE SCIENTIFICA***Stefano Caserini* (Politecnico di Milano)*Roberto Canziani* (Politecnico di Milano)**GUEST EDITORS DEL N. 2/2019***Andrea Fedele, Lucia Rigamonti***COMITATO SCIENTIFICO***Manuela Antonelli* (Politecnico di Milano)*Arianna Azzellino* (Politecnico di Milano)*Vincenzo Belgiorno* (Università di Salerno)*Giorgio Bertanza* (Università di Brescia)*Alessio Boldrin* (DTU, Copenhagen, Danimarca)*Gianluigi Buttiglieri* (Catalan Institute for Water Research, Girona, Spagna)*Andrea Capodaglio* (Università di Pavia)*Alessandra Carucci* (Università di Cagliari)*Stefano Cernuschi* (Politecnico di Milano)*Raffaello Cossu* (Università di Padova)*Paola Crippa* (Università di Notre Dame, USA)*Giovanni De Feo* (Università di Salerno)*Massimiliano Fabbicino* (Università di Napoli Federico II)*Francesco Fatone* (Università Politecnica delle Marche)*Elena Ficara* (Politecnico di Milano)*Paola Foladori* (Università di Trento)*Mario A. Gandini* (Univ. Autónoma de Occidente, Cali, Colombia)*Grazia Ghermandi* (Università di Modena e Reggio Emilia)*Daniele Goi* (Università di Udine)*Mario Grosso* (Politecnico di Milano)*Giovanni Lonati* (Politecnico di Milano)*Claudio Lubello* (Università di Firenze)*Francesca Malpei* (Politecnico di Milano)*Salvatore Masi* (Università della Basilicata)*Giulio Munz* (Università di Firenze)*Salvatore Nicosia* (Università di Palermo)*Senem Ozgen* (Politecnico di Milano)*Cinzia Pastorello* (European Environment Agency, Copenhagen, Danimarca)*Eleonora Perotto* (Politecnico di Milano)*Francesco Pirozzi* (Università di Napoli Federico II)*Alessandra Poletini* (Università di Roma La Sapienza)*Raffaella Pomi* (Università La Sapienza, Roma)*Marco Ragazzi* (Università di Trento)*Ezio Ranieri* (Politecnico di Bari)*Enrico Remigi* (DHI, Merelbeke, Belgio)*Lucia Rigamonti* (Politecnico di Milano)*Paolo Roccaro* (Università di Catania)*Francesco Romagnoli* (Riga Technical Univ., Riga, Lituania)*Diego Rosso* (University of California, Irvine, USA)*Sabrina Saponaro* (Politecnico di Milano)*Elena Sezenna* (Politecnico di Milano)*Fabio Tatano* (Università di Urbino)*Sergio Teggi* (Università di Modena e Reggio Emilia)*Davide Tonini* (JRC Siviglia)*Vincenzo Torretta* (Università dell'Insubria)*Mentore Vaccari* (Università di Brescia)*Paola Verlicchi* (Università di Ferrara)*Gaspare Viviani* (Università di Palermo)*Maria Chiara Zanetti* (Politecnico di Torino)**COMITATO DI REDAZIONE***Arianna Azzellino, Mario Grosso, Giovanni Lonati, Lucia Rigamonti, Elena Sezenna***SEGRETARIA DI REDAZIONE***Loredana Alaimo***INGEGNERIA
DELL'AMBIENTE****N. 2/2019****COPYRIGHT**

I testi sono pubblicati da Ingegneria dell'Ambiente con la licenza CREATIVE COMMONS Attribuzione – Non commerciale – Condividi allo stesso modo 3.0 Italia (CC BY-NC-SA 3.0 IT)

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/it/deed.it>

Chiunque è libero di:

- *Condividere* – riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare questo materiale con qualsiasi mezzo e formato;
- *Modificare* – remixare, trasformare il materiale e basarsi su di esso per le sue opere;

alle seguenti condizioni:

- *Attribuzione* – Deve essere attribuita adeguatamente la paternità del materiale, fornendo un link alla licenza e indicando se sono state effettuate modifiche. È possibile realizzare queste condizioni in qualsiasi maniera ragionevole, ma senza suggerire che il licenziante avalli il modo in cui il materiale è usato.
- *Non Commerciale* – Non è possibile usare il materiale per scopi commerciali.
- *Stessa Licenza* – Se si trasforma il materiale o ci si basa su di esso, è fatto obbligo di distribuire il contributo così prodotto con la stessa licenza del materiale originario.

Il licenziante non può revocare questi diritti fintanto che i termini della licenza sono rispettati.

EDITORE

COLORSHADE di Cabrini Matteo M., Via Cristoforo Colombo, 7, 20068 Peschiera Borromeo (MI), Italia.

REDAZIONE E PUBBLICITÀ: Loredana Alaimo, Tel. 329.3126157, e-mail: redazione@ingegneriadellambiente.net

Registrata presso il Tribunale di Milano (n.108 del 21/3/2014)

PER ABBONAMENTI: Tel. 02.2847518, Fax 02.45482383, e-mail: amministrazione@ingegneriadellambiente.net

PER INFORMAZIONI: Ing. Stefano Caserini. Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA), Sezione Ambientale, Via Golgi 39, 20133 Milano. Tel. 02.23996430, e-mail: info@ingegneriadellambiente.net

Publicato on-line il 18 luglio 2019.

Finito di stampare in agosto 2019, presso Colorshade di Cabrini Matteo M., Via Cristoforo Colombo, 7, 20068 Peschiera Borromeo (MI).

20 ANNI DI BONIFICHE: CRITICITÀ E PROSPETTIVE DI EVOLUZIONE

Renato Baciocchi

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata".

Sono passati ormai 20 anni dall'emanazione in Italia della prima normativa sulla gestione e bonifica dei siti contaminati, il Decreto Ministeriale 471/99. Un decreto che nasceva già superato, in quanto basato su un approccio tabellare nel quale l'analisi di rischio aveva un ruolo collaterale, nonostante fosse applicata negli Stati Uniti già a partire dal 1995 nell'ambito RBCA (Risk-Based Corrective Action). Dopo soli 7 anni tale Decreto veniva sostituito dal vigente Decreto Legislativo 152/06, che ha finalmente conferito all'analisi di rischio un ruolo centrale nei procedimenti di bonifica. Una modifica sostanziale che ha certamente messo le basi per una gestione più flessibile e finalmente sito-specifica dei siti contaminati. Nonostante le aperture della nuova normativa, sono però intervenute successive modifiche legislative che, unite ad alcune interpretazioni restrittive della normativa, hanno talvolta limitato le potenzialità dell'approccio risk-based alla gestione dei siti contaminati. Ad esempio, i vincoli imposti sulla qualità della risorsa idrica al punto di conformità e il suo posizionamento al confine del sito non hanno permesso di applicare approcci di gestione del *plume* di contaminazione, spesso utilizzati con successo in altre realtà internazionali. Va inoltre considerato che la cautelatività dei modelli di analisi di rischio previsti nelle linee guida nazionali conduce spesso ad una sovrastima dei rischi, che possono essere correttamente valutati solo con successive misure integrative.

Negli ultimi 10 anni si è assistito a livello internazionale ad una evoluzione nella gestione dei siti contaminati, che si è indirizzata verso l'applicazione di approcci sostenibili, nei quali gli aspetti sociali, ambientali ed economici sono valutati unitariamente per individuare le soluzioni ottimali. Occorre evitare che il sistema nazionale delle bonifiche, invece di seguire questo trend internazionale, se ne allontani. È infatti importante che i siti contaminati vengano gestiti con un approccio maturo e tecnicamente robusto, preferendo soluzioni pragmatiche e realistiche a soluzioni radicali, che risulterebbero in ultima analisi impraticabili e insostenibili. La situazione dei siti contaminati non consente infatti fughe all'indietro.

I dati più recenti sui siti di interesse nazionale ci indicano chiaramente che, a fronte di una estensiva caratterizzazione completata su gran parte della superficie dei Siti di Interesse Nazionale, la frazione dei siti con progetto di bonifica approvato è ancora molto bassa e ancora minore è quella con bonifica completata e collaudata. Inoltre, gran parte delle bonifiche di suoli e acque di falda si basa ancora rispettivamente su "dig-and-dump" e "pump and treat", con una penetrazione ancora insoddisfacente delle tecnologie in-situ.

In Italia si bonifica più lentamente e a costi mediamente superiori rispetto a molti paesi europei. Per migliorare questa situazione occorre decisamente rafforzare il ruolo dell'analisi di rischio, come strumento per individuare gli obiettivi di bonifica, rendendola più flessibile e realistica. Ad esempio, i concetti di biodisponibilità e bioaccessibilità, richiamati nelle linee guida del Ministero dell'Ambiente (MATTM, 2015), andrebbero approfonditi e fatti oggetto di linee guida specifiche, in modo da renderli applicabili nell'ambito dei procedimenti di bonifica. Occorre inoltre sviluppare metodologie di gestione del rischio (Risk Management), ovvero il processo che valuta le azioni da intraprendere per garantire la salute umana e la qualità delle matrici ambientali, di cui la bonifica rappresenta solo una delle possibili opzioni.

Come detto, certamente gli approcci da applicare su scala nazionale devono essere in linea con quelli seguiti a livello internazionale. Ad esempio, la valutazione dei fenomeni naturali di attenuazione, tradizionalmente applicata ai *plume* di contaminazione, è stata recentemente applicata per la gestione delle sorgenti di contaminazione da prodotti petroliferi; la NSZD (Natural Source Zone Depletion) consente di stimare il tasso di attenuazione naturale della sorgente, anche in presenza di LNAPL (Light Non-Aqueous Phase Liquid), fornendo un riferimento per valutare l'utilità ed efficacia di sistemi attivi di bonifica.

L'integrazione tra bonifica e riqualificazione è un altro aspetto che merita particolare attenzione, in quanto si lega al problema della aree industriali dismesse e alla individuazione di soluzioni per il loro

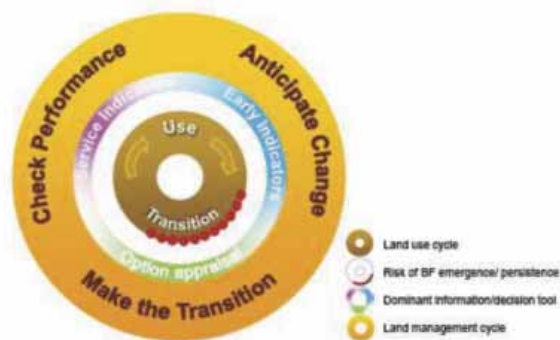


Fig. 1 – Ciclo di uso del territorio

recupero. Le strategie di rigenerazione dei *brownfield* sono state messe a punto in diversi progetti europei. Ad esempio, il progetto Hombre (2019) ha evidenziato la necessità di monitorare il territorio durante tutte le fasi di utilizzo. Tale approccio, schematizzato nel ciclo di uso del territorio di Figura 1, consente di anticipare eventuali cambiamenti che potrebbero portare alla generazione di un *brownfield*, di individuare con sufficiente anticipo interventi mirati alla loro riconversione e di misurare l'efficacia della riconversione attuata, sempre nell'ottica di adottare soluzioni resilienti.

Il sito contaminato va gestito nell'ambito più generale della custodia del territorio (*land stewardship*). Ciò richiede una elevata capacità di gestione del territorio, alzando lo sguardo dal singolo procedimento di bonifica e proiettandolo invece su una scala di area vasta, anche regionale. In questo modo si possono aprire opportunità di integrazione tra interventi di gestione del rischio adottati nei diversi siti interessati. Ad esempio, terreni e aggregati prodotti nell'ambito di procedimenti di bonifica, una volta resi conformi, potrebbero essere riutilizzati in un'area vasta ben oltre il confine del singolo sito sottoposto a procedimento di bonifica (Hombre, Work Package 4). Le acque di falda potrebbero essere gestite come in Olanda, seguendo un approccio di area vasta (*area oriented approach*): si potrebbe così con-

sentire un parziale uso della risorsa idrica contaminata, nel rispetto del principio *fit-for-use*, accettando una seppur parziale migrazione della contaminazione in un'area ben delimitata, nel rispetto della protezione dei recettori sanitari e ambientali.

Chi ci può aiutare nell'incamminarci in questo percorso, rifuggendo da un rischioso ritorno al passato? Un aiuto ci può arrivare dall'esterno, sebbene in questo momento purtroppo non dall'Unione Europea, che non ha mai trovato l'accordo per l'emissione di una direttiva sul suolo. Al contrario, il raggiungimento di ben otto obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (SdG) ha un link diretto con l'inquinamento dei suoli (Rodriguez-Eugenio, 2019). La Food and Agriculture Organization delle Nazioni Unite ha di conseguenza attivato due gruppi di lavoro mirati a sviluppare linee guida per la caratterizzazione, analisi di rischio e bonifica di siti contaminati (FAO, 2018). Certamente da questi documenti potranno arrivare stimoli ed indicazioni per aggiornare i nostri criteri di gestione dei siti contaminati. Ma il principale sforzo deve essere nazionale, sfruttando le potenzialità del sistema SNPA di recente costituzione per promuovere una crescita delle competenze nel settore dei siti contaminati ed una maggiore consapevolezza delle opportunità di innovazione disponibili a livello internazionale. In questo senso, merita un plauso l'iniziativa recente di SNPA di aprire una consultazione nazionale al mondo universitario e della ricerca in vista della modifica dei criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi di rischio. L'apertura di questo ed altri tavoli, non solo al mondo della ricerca, ma a tutti gli stakeholders coinvolti a vario titolo nella gestione e bonifica di siti contaminati, è infatti condizione essenziale per garantire bonifiche più veloci, efficienti e sostenibili, che diventino finalmente volano e non ostacolo per lo sviluppo del paese.

RIFERIMENTI

FAO (2018) Global Soil Partnership.
www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/1151938/

Hombre (2019) Holistic Management of Brownfields Regeneration. Progetto europeo FP7.
www.zerobrownfields.eu

MATTM (2015) Linee guida sull'analisi di rischio ai sensi del D.Lgs 152/06 e ss.mm.ii.

Rodriguez-Eugenio N. (2019) FAO actions: towards a better understanding of the global status of soil pollution. Convegno "La Gestione dei Siti Contaminati e dei Rischi per i Lavoratori", Venezia 13-14 Giugno.



Fig. 2 – Obiettivi di sviluppo sostenibile legati alla contaminazione del suolo

L'APPROCCIO "LIFE CYCLE THINKING" APPLICATO ALLA GESTIONE DEI RIFIUTI: UN MODELLO A SOSTEGNO DELL'ECONOMIA CIRCOLARE A GARANZIA DELLA SOSTENIBILITÀ

Andrea Fedele¹, Lucia Rigamonti²

¹ Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria Industriale, CESQA Centro Studi Qualità e Ambiente.

² Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale.

Quella della gestione dei rifiuti è senza dubbio una delle tematiche più calde e considerate nelle attuali politiche nazionali ed europee di sviluppo della sostenibilità ambientale. La produzione globale di rifiuti è in una fase di continua crescita ed è stimata ad oggi essere all'incirca pari a 2,01 miliardi di tonnellate prodotte annualmente (Kaza et al., 2018). Secondo recenti stime si prevede che i rifiuti prodotti nelle aree urbane (i cosiddetti MSW – Municipal Solid Waste) quasi raddoppieranno nel 2025 rispetto all'anno 2002, passando da 3,5 milioni di tonnellate al giorno a 6,1 milioni di tonnellate, con una spesa prevista per la loro gestione pari a 375 miliardi di dollari (Khandelwal et al., 2019). Di fronte a questi numeri ben si comprende come siano necessarie, se non indispensabili, misure efficaci, precise e puntuali per la gestione e il trattamento dei rifiuti.

Più di un decennio fa la Commissione Europea ha suggerito la linea guida da seguire per la gestione dei rifiuti, individuando un ordine gerarchico (CE, 2008): all'articolo 4 della direttiva 2008/98/CE sono definite le priorità di intervento da seguire che sono, nell'ordine, "prevenzione", "preparazione per il riutilizzo", "riciclaggio", "recupero di altro tipo (per esempio il recupero di energia)" e infine "smaltimento". Risulta estremamente interessante la conclusione del citato articolo, che riporta testualmente "*Nell'applicare la gerarchia dei rifiuti [...omissis...], gli Stati membri adottano misure volte a incoraggiare le opzioni che danno il miglior risultato ambientale complessivo. A tal fine può essere necessario che flussi di rifiuti specifici si discostino dalla gerarchia laddove ciò sia giustificato dall'impostazione in termini di ciclo di vita in relazione agli impatti complessivi*

della produzione e della gestione di tali rifiuti". Questo dettaglio specifico va oltre il concetto del rispetto dell'ordine gerarchico per la gestione del rifiuto in sé, ma allarga la prospettiva verso una analisi più dettagliata e approfondita del ciclo di vita del processo di gestione del rifiuto per capire e seguire la soluzione ambientalmente più conveniente. In questo contesto e in questo specifico settore si inserisce perfettamente il cosiddetto approccio Life Cycle Thinking (LCT), un concetto che appare indispensabile da seguire per individuare e analizzare in maniera completa ed esauriente tutti i potenziali effetti ambientali relativi alle odierne e diffuse strategie di gestione dei rifiuti. È opportuno inoltre andare oltre al "fattore ambiente", e questo approccio è effettivamente implementabile anche per l'analisi degli impatti sociali ed economici: se vogliamo parlare di sostenibilità in senso lato questi concetti non possono essere tralasciati e va valutato il giusto trade-off, ossia il compromesso più opportuno tra impatti ambientali, sociali ed economici in un'ottica di sostenibilità in senso olistico. Per portare un esempio, il processo di raccolta differenziata è poco sviluppato nei Paesi in via di sviluppo dal momento che i processi di riciclo e recupero possono richiedere, a seconda della tipologia di materiale, impianti tecnologicamente avanzati che necessitano di alti costi di investimento, utilizzo e mantenimento che risultano economicamente non sostenibili; per tali ragioni il trattamento dei rifiuti consiste solitamente nella loro combustione senza recupero di energia o nello smaltimento in discarica (Mayer et al., 2019). D'altro canto, invece, nei Paesi sviluppati si sta assistendo a una crescita delle quantità di rifiuto destinate al rici-

clo e in alcuni Paesi come l'Islanda o la Germania si arriva anche a una percentuale del 50% (Kaza et al., 2018). Ciò grazie allo sviluppo di tecnologie per il recupero delle diverse tipologie di rifiuto, basato su considerazioni di carattere ambientale ma anche economico-sociale in quanto, ad esempio, il processo di riciclo è sempre strettamente connesso ai prezzi di mercato dei vari materiali recuperati dai rifiuti a confronto con quelli delle risorse naturali e delle materie prime vergini.

Soffermandoci prettamente sulla valutazione degli aspetti di carattere ambientale, in un'ottica di ciclo di vita, la metodologia che dobbiamo considerare e applicare è la Life Cycle Assessment (LCA). Questa tecnica permette una valutazione completa e di ampio raggio, considerando tutte le fasi incluse nella specifica attività di gestione di una determinata tipologia di rifiuto e quantificando tutti i consumi di materiali ed energia e la produzione di emissioni che ne derivano, sia diretti che indiretti. Nel settore dei rifiuti questa tecnica è stata adottata inizialmente per valutare i processi di recupero di energia e metalli ma ha avuto nel tempo uno sviluppo continuo e rappresenta ad oggi lo strumento più diffuso anche per comparare, in termini di prestazioni ambientali, processi e prodotti. Essa presenta ancora degli aspetti critici e migliorabili, ad esempio nella modellizzazione dei meccanismi ambientali che determinano un certo impatto, e la validità dei risultati e delle conclusioni è strettamente legata alla qualità e disponibilità dei dati di cui si necessita per rappresentare l'intero processo. Ciononostante questa tecnica rappresenta al momento lo strumento più completo per la valutazione degli impatti ambientali di processi, servizi o sistemi di prodotto inclusi quelli inerenti la gestione dei rifiuti (Mayer et al., 2019). Da sottolineare come questo sia visto uno strumento operativo per attuare le strategie dell'Unione Europea sull'uso sostenibile delle risorse e sui rifiuti così come per la nuova e sempre più citata normativa comunitaria in materia di economia circolare. Occorre evidenziare in maniera positiva come l'approccio Life Cycle Thinking sia implementato su un sempre più ampio spettro di tipologie di rifiuti (dai MSW ai rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche, dalla plastica ai rifiuti organici) anche se gli studi focalizzati sui primi punti della gerarchia sulla gestione dei rifiuti (prevenzione e riutilizzo) non sono ancora molti. Come accennato, dal punto di vista metodologico si riscontra

tuttora ancora un'eccessiva discordanza fra i metodi di valutazione applicati, con riferimento sia ai modelli di caratterizzazione che ai metodi di risoluzione dei casi di multifunzionalità. Tale metodologia è sempre più applicata per l'analisi e gli studi di simbiosi industriale applicata alla gestione del rifiuto, ai processi e alle strategie di riciclo, all'analisi dell'End Of Waste in un'ottica di ciclo di vita e come supporto alle strategie per l'economia circolare. Se analizziamo il Piano d'Azione per l'economia circolare e la relazione sullo stato d'attuazione (CE, 2019), ci si può rendere chiaramente conto come l'approccio dell'analisi del ciclo di vita sia uno dei capisaldi per lo sviluppo di questa politica europea: sono stati definiti un set di indicatori specifici, si parla di progettazione circolare ed ecocompatibile e si comprende nel concetto e nel significato di "circolarità" la prevenzione dei rifiuti e il riciclaggio nonché la riduzione dell'uso di determinate sostanze. Infine, in stretto riferimento agli studi e alle ricerche nel campo dell'Ingegneria Sanitaria Ambientale, occorre attestare come i temi dell'economia circolare e del Life Cycle Thinking stiano diventando sempre più prioritari e sentiti e meritano quindi gli adeguati supporti e la dovuta considerazione.

BIBLIOGRAFIA

- Commissione Europea (CE), 2008. Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive.
- Commissione Europea (CE), 2019. COM (2019) 190. Relazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni sull'attuazione del piano d'azione per l'economia circolare.
- Mayer F., Bhandari R., Stefan Gäth S., 2019. Critical review on life cycle assessment of conventional and innovative waste-to-energy technologies. *Science of the Total Environment* 672 (2019) 708-721.
- Khandelwal H., Dhar H., Kumar Thalla A., Kumar S., 2019. Application of life cycle assessment in municipal solid waste management: A worldwide critical review. *Journal of Cleaner Production* 209 (2019) 630-654.
- Kaza S, Yao LC, Bhada-Tata P, van Woerden F. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC, 2018 (accessed July 2, 2019).
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>.

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DELLA VALORIZZAZIONE DI MATERIE PLASTICHE DA DISCARICA MEDIANTE LANDFILL MINING

Grazia Maria Cappucci^{1,*}, Maurizio Avella², Roberto Avolio², Cosimo Carfagna²,
Maria Emanuela Errico², Paolo Neri³, Martina Pini³, Francesco Spina²,
Gianluigi Tealdo⁴, Anna Maria Ferrari³

¹ INSTM – Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali, presso Università di Modena e Reggio Emilia – Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria.

² CNR – IPCB – Istituto per i Polimeri Compositi e Biomateriali di Pozzuoli (NA).

³ Università di Modena e Reggio Emilia – Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria.

⁴ IREOS S.p.A., Genova.

Sommario – Il landfill mining è un insieme di tecnologie che opera sulle discariche al fine di recuperare il maggior quantitativo possibile di materia e trattare il rifiuto in essa contenuto. Inoltre, se presenti situazioni di contaminazione della falda e del suolo sottostante la discarica, consente anche di risanare le aree inquinate mediante interventi di bonifica e di realizzare la messa in sicurezza del sito, se originariamente sprovvisto di idonee strutture di contenimento, captazione e trattamento di eventuale percolato e biogas prodotto, oppure le stesse strutture, ancorché presenti, dovessero più non essere performanti. Il presente studio ha lo scopo di analizzare, attraverso la metodologia Life Cycle Assessment (LCA), gli impatti e i benefici ambientali derivanti dalla valorizzazione di materie plastiche recuperate mediante landfill mining. In particolare, i confini del sistema dello studio includono il trattamento del rifiuto recuperato da una discarica industriale e la successiva trasformazione della plastica separata in materiale secondario mediante opportuni trattamenti meccanici. Inoltre, è stato effettuato un confronto tra la produzione di granulato plastico secondario, a partire dalla risorsa estratta con il landfill mining, e la produzione di granulato plastico da risorse primarie. Il primo scenario è risultato essere significativamente meno impattante del secondo, principalmente grazie all'evitata estrazione di greggio impiegato per la realizzazione della risorsa primaria.

Parole chiave: *life cycle assessment, rifiuti, landfill mining, trattamento dei rifiuti, risorsa secondaria.*

ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF THE ENHANCEMENT OF PLASTIC MATERIAL RECOVERED FROM INDUSTRIAL LANDFILL WITH LANDFILL MINING

Abstract – Global material use, both renewable and non-renewable sources origin, has tripled since the 80s, thanks to the improved living standards. As a consequence, an ever-growing waste production has needed to be managed, trying at the same time to minimize environmental damages. The easiest way for waste disposal has always been represented by landfilling, even before landfill regulations have

been enacted, with catastrophic consequences on the environment. The growing difficulty in recovering raw materials has led to explore unconventional ways to obtain materials, leading to consider landfills as mines full of potential resources. Landfill mining is a set of technologies that operates on landfills in order to recover the largest possible amount of matter and treat the waste contained in it. Moreover, if applied to old thinking landfills, where containment barriers to pollutants are absent, landfill mining allows, together with the recovery of materials, also to restore polluted areas through decontamination and to secure the site, thanks to the realization of adequate containment barriers, capture and treatment systems for any leachate and biogas produced, also whenever the barriers or the environmental equipment are not long efficient. The purpose of the present study is to analyze, through the Life Cycle Assessment (LCA) methodology, the environmental impacts and benefits deriving from the valorization of plastic materials recovered with this type of intervention. In particular, the boundaries of the studied system include the treatment of waste recovered from an industrial landfill and the subsequent transformation of the separated plastic into secondary material through appropriate mechanical treatments. The LCA analysis involved the landfill mining operation carried out by IREOS S.p.A. on the industrial landfill “Alumix” area of Portovesme, a hamlet of Portoscuso (CI), a site of about 8 hectares located in the southern part of Sardinia. In this landfill, in the 80s, industrial waste from the metallurgical activities of the area were buried uncontrollably. The waste treatment processes consist in a 36-month processing period and consist mainly of the following steps:

- excavation of waste from the landfill body;
- mechanical sorting to remove bulky waste such as tires, wood, coarse iron;
- pre-treatment to reduce the size of the material;
- primary screening to separate the coarse materials from the fine ones;
- volumetric reduction, magnetic and gravimetric separation of fine fractions (wet treatments).

The water used in the wet treatments is treated in a clarification plant, chemical-physical treatment and sludge-pressing filter and, then, recirculated into the treatment plant. Fine components such as plastic, aluminum, iron and coal are sent for material and energy

* *Piazzale Europa 1, Reggio Emilia, 42124 (RE), e-mail: graziamaria.cappucci@unimore.it.*

recovery, while inert fractions that are not sold, such as sand, filter-pressed sludge, cathodes and anodes, are sent for disposal. In the study emissions from treatment are considered and calculated from concentration values measured in air. The plastic fraction, recovered at the end of the treatment and made up of 95% of HDPE, is sent to a processing plant, which, after grinding and extrusion, returns the second material in the form of granules. Each phase of processing of the recovered plastic is accompanied by dust suction systems, whose magnitude has been hypothesized considering a percentage of the treated mass. Finally, a comparative LCA analysis was carried out between the production of the secondary granulate and a granulate material obtained from virgin HDPE described in a database process. The analysis of the comparison shows that damage of the production scenario of the HDPE granulate recovered from landfill (1,65E-4 Pt) is 81% lower compared to the damage of production of virgin HDPE granulate (9,1E-4 Pt). In particular, the category Resources presents the highest reduction, equal to about 89%. In fact, in the case of virgin granulate production, the damage in the Resources category is mainly due to the crude oil resource (54,42%) which is the main resource for the production of virgin HDPE of the database process (in fact to obtain 1 kg of virgin HDPE 0,91 kg of crude oil are required). Analyzing the production of the granulate with recycled plastic, it emerged that the greatest contribution to the damage is due to the energy used in the extrusion process (36,84%). In conclusion, the environmental advantage of the production of secondary HDPE compared to virgin material consists precisely in the avoided extraction of crude oil for the production of the primary resource.

Keywords: *life cycle assessment, waste, landfill mining, waste treatment, secondary resource.*

Ricevuto il 29-3-2019. Modifiche sostanziali richieste il 29-5-2019. Accettazione il 3-7-2019.

1. INTRODUZIONE

Nel decennio compreso tra il 2004 e il 2014 si è assistito nell'Unione Europea a un incremento dei rifiuti prodotti da attività economiche e domestiche pari al 10%, con trend sempre positivo (Eurostat, 2017). Risulta evidente che una massa maggiore di rifiuti richiede capacità di trattamento da parte degli impianti altrettanto crescenti. In particolar modo, nel decennio sopra indicato è stato possibile osservare differenti andamenti relativi alle due modalità di gestione dei rifiuti attualmente applicate: il recupero, di materia e/o di energia, e lo smaltimento.

La prima modalità ha subito una rapida crescita fino al 2008, anno in cui è stata emanata la Direttiva quadro sui rifiuti, che, introducendo il principio della gerarchia dei rifiuti, prescrive agli stati membri di indirizzare le proprie politiche di gestione

anzitutto alla prevenzione e al recupero e, solo come opzione residuale, al loro smaltimento (Parlamento Europeo, 2008).

In maniera quasi speculare al recupero, nel medesimo anno lo smaltimento tocca il suo minimo, riducendosi del 9% rispetto ai valori del 2004.

Complice probabilmente la crisi economica, la produzione dei rifiuti subisce un leggero stallo nel biennio 2008-2010 e, con esso, si assiste a una riduzione delle attività di trattamento finalizzato al recupero del rifiuto stesso. Si ricorre sempre più di frequente allo smaltimento dei rifiuti, modalità che, sebbene non raggiunga più il massimo del 2004, si assesta nel 2014 a valori piuttosto elevati, pari a -2% dei valori di inizio decennio.

Le discariche esaurite presenti sul suolo europeo sono state stimate nel 2016 pari a 500.000, di cui il 90% antecedenti la direttiva 1999/31/CE e, quindi, teoricamente sprovviste di idonei sistemi di contenimento del rifiuto e trattamento del percolato e biogas (Eurostat, 2017).

I potenziali effetti sulla salute dell'uomo e sull'ecosistema causati dalle emissioni di tali discariche possono essere stimati a partire dalle concentrazioni delle stesse in aria e nelle falde valutate in diversi studi (Sormunen et al., 2008; Flyhammar, 1997).

Le discariche successive alla direttiva sopra riportata non sono naturalmente esenti da emissioni, come riportato nella banca dati Ecoinvent v.3, la quale evidenzia per il rifiuto municipale, ad esempio, significative emissioni di CO₂ e CH₄, biogeniche e fossili, oltre che di metalli nella falda, a seguito del conferimento del rifiuto, trattamento del percolato e successivo incenerimento dei fanghi (Ecoinvent Centre, 2014).

L'occupazione del suolo si aggiunge alla lista degli impatti provocati dalle discariche, se si pensa al valore economico e sociale che tali zone presentano qualora si trovassero in aree di interesse urbanistico.

La riduzione delle risorse primarie disponibili rappresenta l'altra faccia del crescente consumismo: il Parlamento Europeo in un briefing del 2018 (EPRS, 2018) riporta che negli ultimi 40 anni il consumo di risorse, sia rinnovabili che non rinnovabili, è globalmente triplicato a causa dei sempre più elevati standard di vita. All'interno dei confini europei il consumo di risorse primarie nel 2016 si attesta a oltre 13 tonnellate pro capite, di cui il 22% è costituito da materiali da risorse non rinnovabili, come il carbone, il gas naturale e il greggio.

La scarsità delle risorse e la conseguente fluttuazione dei prezzi di mercato è particolarmente gravosa per gli stati europei, che importano circa il 40% delle risorse primarie.

Per fronteggiare entrambe le problematiche, la Commissione Europea ha individuato una serie di misure volte a “chiudere il ciclo”, passando da un’economia lineare, in cui è presente un rifiuto residuale, a un’economia circolare, grazie alla quale il rifiuto può rientrare nel paniere delle risorse disponibili, restando, quando possibile, all’interno dei confini dello stato che lo ha generato.

Le azioni principali interessate dalla direttiva sono il raggiungimento del 65% entro il 2030 di riciclaggio dei rifiuti urbani, il riciclo del 75% dei rifiuti di imballaggio entro il 2030 e la riduzione al 10% entro il 2030 del collocamento in discarica dei rifiuti urbani rispetto a quelli prodotti (European Commission, 2015).

In un’ottica di economia circolare, le discariche assumono connotazioni differenti rispetto a quelle tradizionalmente attribuite, ovvero un luogo dove seppellire e nascondere ciò che non è più utile alla società, fino a rappresentare potenziali miniere di materiali sempre più rari o difficili da estrarre. Si stima, ad esempio, che il rame attualmente sepolto globalmente nelle discariche rappresenti il 50% della quantità di rame totale presente sulla Terra (Smart Ground, 2015).

L’insieme di tecnologie che permette di accedere alle risorse contenute nelle discariche è il Landfill mining (LFM), definito come un’operazione di intervento sulle discariche che consiste nell’escavazione dei rifiuti conferiti e nel loro successivo trattamento finalizzato all’inertizzazione delle frazioni pericolose e alla rimozione selettiva delle diverse componenti, rendendole gestibili in maniera differenziata (Enciclopediaambiente, 2014).

Inoltre, se applicato a discariche di vecchia concezione, antecedenti al 1999, in cui sono assenti barriere di contenimento delle sostanze inquinanti, il LFM permette, contestualmente al recupero di materia, anche di risanare aree inquinate mediante interventi di bonifica e di messa in sicurezza del sito grazie alla realizzazione di idonee strutture di contenimento, captazione e trattamento di eventuale percolato e biogas prodotto.

Al fine di valutare ed incentivare il recupero dei materiali contenuti nelle discariche, l’Unione Europea ha finanziato diversi progetti, tra cui il progetto SMART GROUND – “SMART data collection inteGRation platform to enhance availability and accessibility of data and infOrmation in

the EU territory on secoNDary raw materials”, finanziato nell’ambito del programma “Horizon 2020”, il Programma Quadro europeo per la Ricerca e l’Innovazione dell’Unione Europea. Tale progetto è finalizzato a favorire il recupero delle risorse presenti nelle discariche, anche attraverso la creazione di una banca dati europea che metta in collegamento database esistenti (Dino et al., 2016).

Inoltre, nel 2014 la Commissione Europea ha istituito EURELCO, European Enhanced Landfill Mining Consortium, ovvero una rete in cui agiscono diversi stakeholders europei la cui finalità è supportare l’innovazione tecnologica, legale, sociale, economica, ambientale ed organizzativa dell’Enhanced Landfill Mining (ELFM), nel contesto di una transizione a un’economia circolare e a basse emissioni di CO₂.

L’ELFM rappresenta un’evoluzione del tradizionale LFM, in quanto, sebbene preveda le medesime operazioni di base, è maggiormente focalizzato sulle modalità di valorizzazione dei rifiuti presenti in discarica. Tale tecnologia viene definita come “l’esplorazione, il trattamento, escavazione eseguiti in maniera sicura e l’integrata valorizzazione di giacimenti passati, presenti e futuri di rifiuti sepolti, sia come materia (Waste-to-Material), sia come energia (Waste-to-Energy), usando innovative tecnologie di trasformazioni e rispettando i criteri sociali ed ecologici più stringenti” (Jones et al., 2013).

Le azioni previste da EURELCO sono la raccolta e la condivisione di informazioni relative all’attuale livello e al futuro potenziale dei progetti di ELFM negli Stati Membri dell’UE, la stimolazione dell’innovazione tecnologica per l’esplorazione, escavazione, separazione, recupero e trasformazione in un’ottica di migliorata efficienza dell’utilizzo delle risorse, lo sviluppo e l’applicazione di metodi scientifici per valutare ELFM in termini di impatto sociale, ambientale ed economico a livello locale, regionale e globale (European Commission, 2014).

La metodologia Life Cycle Assessment (LCA) è stata ampiamente utilizzata per valutare il danno e i benefici ambientali derivanti dalle operazioni di LFM e ELFM.

In particolar modo, queste sono state spesso messe a confronto con lo scenario “Do-nothing”, uno scenario zero, in cui la discarica non è sottoposta ad operazioni di mining e se ne valuta l’impatto che essa provocherebbe se perdurasse nel suo stato.

Ad esempio, Danthurebandara e colleghi (2015a) hanno applicato la metodologia LCA al processo di ELFM operato su una discarica belga municipale e industriale, in cui è presente un sistema di raccolta e trattamento del percolato e del biogas prodotti. Per materiali quali metalli, vetro e inerti è stato valutato un recupero di materia tramite un trattamento, mentre per plastiche, carta, legno e tessili sono stati considerati come combustibili derivati da rifiuti (CDR), previa gassificazione al plasma. Dalla valutazione del danno eseguita con il metodo ReCiPe end-point (Goedkoop et al., 2013), è emerso che è proprio quest'ultimo processo a costituire il maggiore impatto ambientale delle operazioni di ELFM e nello specifico nella categoria Climate change, mentre le categorie Fossil e Metal depletion beneficiano del vantaggio ambientale derivante dall'evitata produzione di energia che deriva dalla combustione di syngas e dal recupero dei metalli dal convertitore al plasma.

Dal confronto con lo scenario zero, è emerso che quest'ultimo presenta carichi ambientali trascurabili rispetto al ELFM, sebbene i benefici ambientali siano di gran lunga meno significativi di quest'ultimo.

Gli stessi autori (Danthurebandara et al., 2015b) hanno analizzato l'ELFM applicato a una discarica non controllata e non gestita in Sri-Lanka, per cui sono stati analizzati due scenari, che differiscono per la collocazione del CDR, in un caso utilizzato come alternativa al combustibile, carbone, impiegato in un cementificio, nell'altro considerato come prodotto intermedio destinato al recupero energetico. In entrambi gli scenari è stato possibile apprezzare un vantaggio ambientale nelle categorie Fossil depletion, Climate change on human health and Particulate matter formation, sebbene complessivamente il vantaggio risulta essere più spiccato per il primo scenario rispetto al secondo. Dal confronto con lo scenario zero è emerso come quest'ultimo contribuisca solo in maniera positiva al danno ambientale, risultando essere l'opzione più impattante.

Il confronto con lo scenario zero è materia di studio anche per Jain e colleghi (2014), che hanno analizzato il LFM applicato a una discarica municipale non controllata degli U.S.A., declinato secondo due modalità: la prima prevede l'escavazione e il trasporto del rifiuto in una discarica correttamente gestita, la seconda prevede l'escavazione e il trattamento del rifiuto al fine di recuperare materia ed energia. L'analisi ambientale, con-

dotta con il metodo EDIP 97 (Wenzel et al., 1997), ha evidenziato che per quattro categorie di impatto, Global warming potential (GWP), Acidification, Human toxicity via soil e Human toxicity via surface water, sono presenti le maggiori differenze tra gli scenari studiati. In particolare, lo scenario zero ha l'impatto maggiore per quanto riguarda la categoria GWP, a causa delle emissioni di metano prodotte dalla decomposizione del rifiuto e non presenta in nessuna delle categorie sopra citate un vantaggio ambientale, mentre lo scenario di recupero di materia ed energia presenta significativi vantaggi ambientali in tutte e quattro le categorie, associate principalmente al recupero dei metalli e alla sostituzione del carbone per la produzione di energia.

Infine, Gusca e colleghi (2015) hanno analizzato due alternative di LFM applicate alla discarica di Riga, una discarica sprovvista di impianti per la captazione e il trattamento del biogas e percolato prodotti, in cui negli anni sono stati conferiti rifiuti di diversa natura.

Le due alternative proposte riguardano in un caso il trattamento in-situ del rifiuto mediante l'adozione di un impianto mobile, nell'altro caso il conferimento a un impianto stabile ex-situ. In entrambi i casi, i confini del sistema non includono gli ulteriori processi di trattamento riservati ai materiali recuperati e non sono attribuiti vantaggi ambientali mediante prodotti evitati. Il metodo scelto è IMPACT 2002+ (Jolliet et al., 2003), mediante il quale è stato possibile valutare che in entrambi gli scenari il maggior contributo all'impatto totale è dato dai processi di escavazione e trasporto a causa dei consumi di combustibili. Nonostante queste similitudini, il primo scenario presenta un impatto inferiore del 28% rispetto al secondo, differenza attribuibile alla presenza nel primo scenario del trasporto dei rifiuti in un sito esterno e al trasporto del terreno al sito riqualificato secondo gli standard normativi.

Nel presente studio è stata adottata la metodologia LCA per analizzare gli impatti e i benefici ambientali derivanti dalla valorizzazione di materie plastiche recuperate con ELFM applicato a una discarica di tipo industriale, situata in Sardegna, nella provincia di Carbonia-Iglesias (CI). Il focus di questo studio, rispetto agli studi citati, è la valutazione dell'impatto ambientale associato alla valorizzazione di un prodotto secondario ottenuto a partire dall'estrazione di rifiuto plastico da discarica, individuando i principali contributi al danno e i benefici associati alle operazioni di lan-

dfill mining. Inoltre, sono stati considerati eventuali vantaggi ambientali dovuti al confronto del secondario con un prodotto plastico ottenuto da risorse primarie.

2. MATERIALI E METODI

Il caso di studio riguarda il sito di Portovesme, frazione del Comune di Portoscuso (CI), in cui sorge una zona industriale caratterizzata dalla presenza di uno stabilimento presieduto dalla ex Alumix., azienda di produzione di alluminio.

Dopo la chiusura di tale azienda, il sito è diventato una discarica incontrollata che ha portato, nel corso degli anni, ad una situazione di stoccaggio non a norma di rifiuti industriali e scarti di lavorazioni.

In tale area è stata effettuata un'operazione di ELFM, mediante tecnologia di trattamento ad umido brevettata chiamata "TWYM: Tomorrow's World, Yesterday's Materials" (Ministero dello Sviluppo Economico, 2018), da parte di Ireos S.p.A., un'azienda che si occupa di servizi per l'ambiente e di bonifiche ambientali, che ha fornito le informazioni necessarie per la costruzione del layout impiantistico adottato e per la sti-

ma quantitativa e qualitativa dei materiali recuperati.

Nel presente LCA sono stati presi in considerazione l'escavazione dei rifiuti dal corpo discarica, il trattamento dei rifiuti mediante specifici impianti, lo smaltimento dei rifiuti non recuperabili e l'ottenimento dei co-prodotti da valorizzare. In particolare per la plastica sono stati considerati anche i trattamenti meccanici a cui deve essere sottoposta per ottenere il granulato finale.

Durante le fasi di trattamento del rifiuto, sono state considerate le emissioni in aria e durante la produzione del granulato secondario sono state prese in considerazione anche le emissioni indoor.

Le fasi principali del processo considerato sono riportate in Figura 1.

La frazione plastica, recuperata al termine del trattamento e costituita per il 95% da HDPE, viene trasportata ad un impianto di lavorazione. La prima fase di lavorazione consiste in una macinazione che riduce la pezzatura della frazione in ingresso, restituendo un materiale che ha dimensioni di circa 1 cm. Un vaglio a valle del mulino, separa la frazione inferiore a 1 cm, che viene direzionata alla fase successiva di estrusione, dalla frazione maggiore di 1 cm, che viene sottoposta a ciclonatura

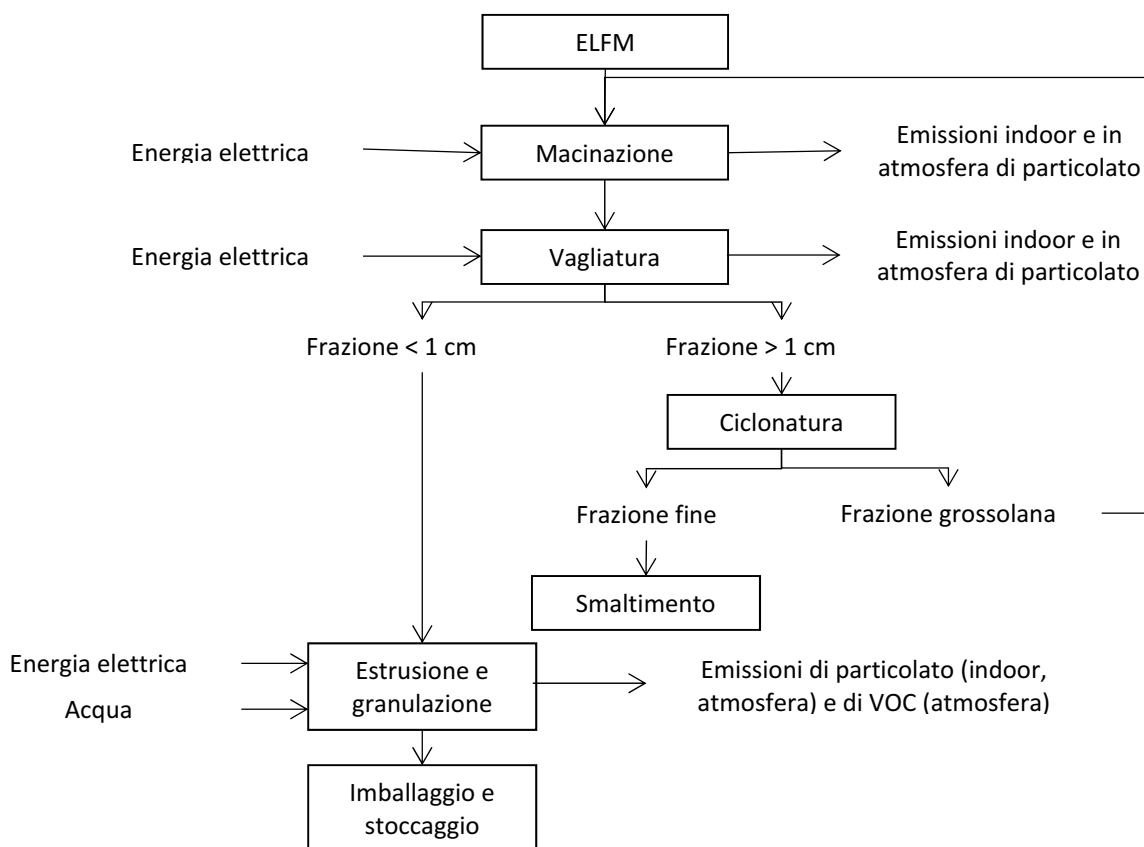


Figura 1 – Flowchart della produzione del granulato secondario

per separarla da un'eventuale quota di fine e poter essere rimacinata.

L'estrusione prevede una lavorazione del HDPE in un estrusore monovite a 180° C e a 80 bar. La miscela di HDPE che si ottiene attraversa un filtro che trattiene le eventuali impurità e, successivamente, passa nella sezione di taglio in cui è presente una lama rotante a giri regolabili, a seconda delle dimensioni del granulato da ottenere. Quest'ultimo entra, infine, in una sezione di raffreddamento con acqua a circuito chiuso e, successivamente, viene separato dall'acqua mediante una torre di separazione, costituita da una coclea.

Ciascuna fase di lavorazione della plastica recuperata è corredata da impianti di aspirazioni delle polveri, la cui entità è stata ipotizzata considerando una percentuale sulla massa trattata.

2.1. *Trattamento del rifiuto da discarica*

Il processo di ELFM applicato da Ireos S.p.A. si compone di varie fasi di trattamento, a partire dall'escavazione del corpo discarica. Di seguito si riporta una flowchart del processo che comprende le fasi specifiche di trattamento, analizzando per ognuna di esse l'unità funzionale scelta, flussi di prodotti ed emissioni dirette eventuali (Fig. 2).

I processi di trattamento del rifiuto hanno previsto un periodo di lavorazione di 36 mesi e consistono principalmente nelle seguenti fasi:

- escavazione del rifiuto dal corpo discarica;
- trattamento a secco:
 - cernita meccanica per rimuovere rifiuti ingombranti quali pneumatici, legno, ferro grossolano;
 - pre-trattamento atto a ridurre la pezzatura del materiale;
 - vagliatura primaria per separare i materiali grossolani da quelli fini;
- trattamento a umido:
 - riduzione volumetrica;
 - separazione magnetica;
 - separazione gravimetrica delle frazioni.

In particolar modo, la separazione della plastica avviene in fase di separazione gravimetrica, che consiste nella separazione delle frazioni di interesse sfruttando la differenza di densità dei materiali trattati in acqua. Il processo infatti, si basa sull'operazione di stratificazione dei materiali che avviene all'interno della macchina: grazie ad un movimento generato dall'aria pressurizzata, i materiali a bassa densità stratificano sulla superficie

del letto fluido, mentre quelli ad alta densità stratificano sul fondo. L'acqua utilizzata nelle macchine viene inviata in idro-ciclonatura, che consente la separazione di una frazione ultrafine dal restante rifiuto.

Il condizionamento rappresenta una preparazione alla flottazione successiva. Il processo consiste nel far permanere la matrice da trattare in un serbatoio, con aggiunta di una miscela di additivi quali gasolio e MIBC (metil-isobutil-carbinol). Il contatto tra le superfici delle frazioni da trattare e la miscela acquosa, favorisce la successiva separazione tra float e le sabbie entranti in flottazione.

L'acqua impiegata nei trattamenti ad umido viene trattata in un impianto di chiarificazione, trattamento chimico-fisico e filtro-pressatura dei fanghi e, in seguito, ricircolata nell'impianto di trattamento.

All'interno dell'impianto sono presenti tre sorgenti emissive (CPG Lab srl, 2017):

- la zona 1 coincide con la zona di scavo dei materiali dal corpo discarica e trasporto degli stessi in un'area apposita di stoccaggio all'interno del cantiere;
- la zona 2 coincide con la zona di scarico materiali e vagliatura degli stessi;
- la zona 3 coincide con la zona operativa di impianto a umido e trattamento materiali.

I campionamenti effettuati nelle suddette postazioni sono stati finalizzati alla determinazione dei seguenti analiti ritenuti fra i possibili inquinanti aero dispersi caratterizzanti il sito in questione:

- metalli;
- idrocarburi policiclici aromatici;
- ammoniaca;
- fibre di amianto aero-disperse;
- fluoruri.

I co-prodotti dell'attività di trattamento sono la plastica, la frazione carboniosa ad elevato potere calorifico destinata al recupero energetico, i metalli, ferrosi e non ferrosi, destinati al riciclo.

Sono considerati i trasporti dei co-prodotti, in particolar modo i trasporti della plastica e della frazione carboniosa avvengono via mare, rispettivamente a Napoli, dove al momento sono state effettuate prove sui materiali in via sperimentale, e a Lisbona.

I rifiuti generati dal processo di trattamento sono inviati a specifico trattamento, come nel caso di pneumatici, catodi ed anodi e legno, mentre per i fanghi generati dalla filtro-pressatura dell'impianto di trattamento acque, la sabbia, la frazione ultrafine, il materiale di misto costituito princi-

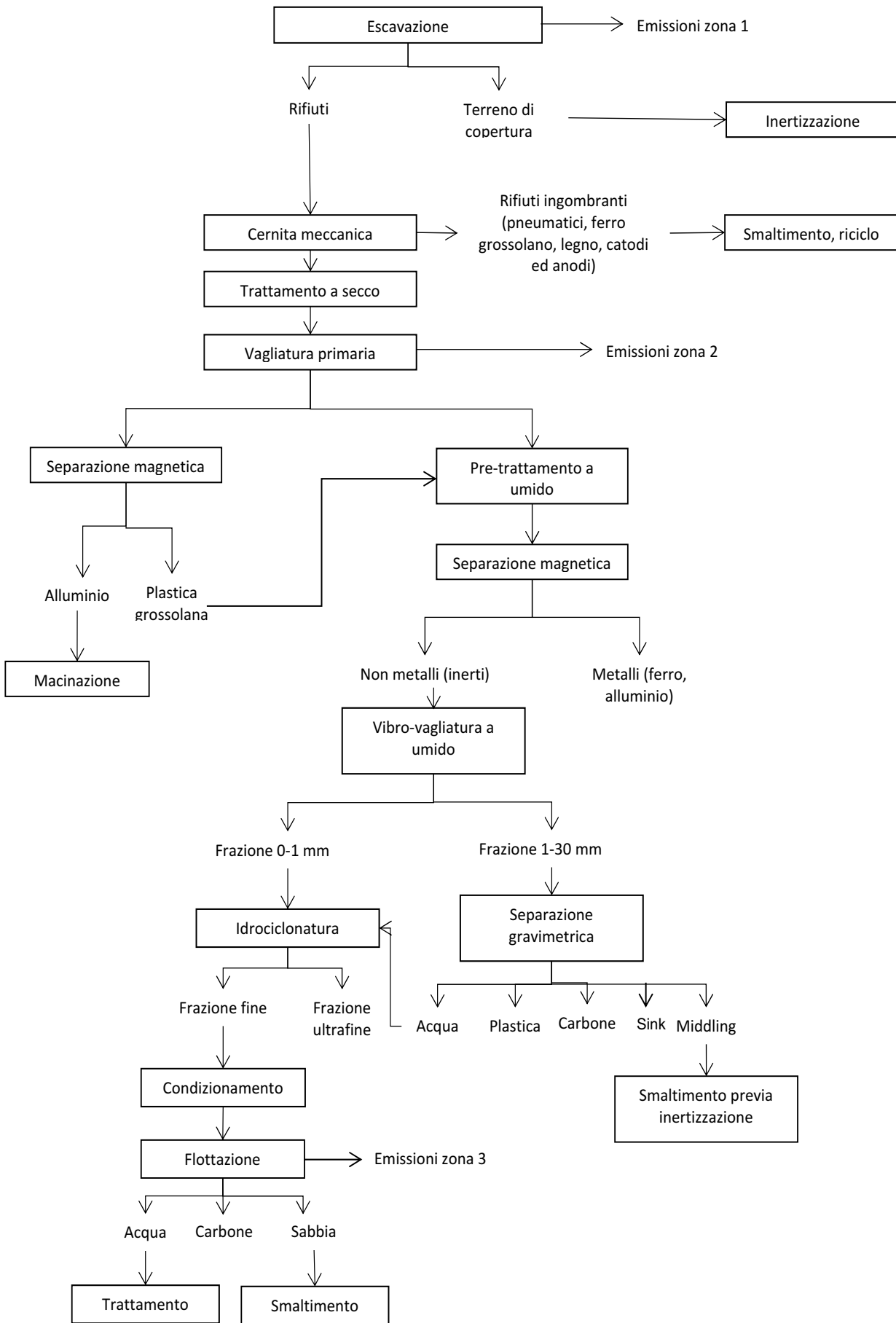


Figura 2 – Flowchart delle operazioni di ELM

palmente da pietrisco, calcestruzzo e refrattari a irrilevante contenuto carbonioso (sink), il terreno di copertura e il materiale misto a medio contenuto carbonioso (middling), lo smaltimento individuato è il conferimento in discarica, previa inerizzazione per gli ultimi due rifiuti. In particolare modo, lo smaltimento del middling avviene in Spagna.

2.2. Life cycle assessment

2.2.1. Definizione dell'obiettivo e dello scopo

Obiettivo dello studio è la valutazione d'impatto ambientale attraverso la metodologia LCA (Life Cycle Assessment) secondo le norme UNI EN ISO 14040-14044 (UNI, 2006) del danno dovuto al trattamento del rifiuto proveniente da una discarica industriale e alla produzione di materia plastica secondaria, utilizzando la frazione plastica recuperata dalla medesima discarica.

2.2.2. Sistema, unità funzionale e sistema che deve essere studiato

La funzione del sistema è la produzione di materia plastica secondaria, in particolare granuli in HDPE, ottenuta attraverso l'escavazione e il trattamento dei rifiuti contenuti all'interno della discarica industriale. Il sistema che deve essere studiato è la produzione di materia plastica secondaria ad opera di un'azienda sita a Napoli, che riceve il co-prodotto plastico risultante dal trattamento dei rifiuti presenti nella discarica industriale di Portovesme, frazione del Comune di Portoscuso (CI), ed operato dall'azienda IREOS S.p.A.

L'Unità Funzionale è 1 kg di granulato di materia plastica secondaria.

2.2.3. I confini del sistema

I confini del sistema vanno dall'estrazione delle materie prime per produrre i componenti dell'impianto di trattamento del rifiuto e di produzione del granulato in HDPE, alla loro lavorazione, assemblaggio, trasporto al cliente, fase d'uso dell'impianto e fine vita dei suoi componenti. Nei confini del sistema si considera anche il fine vita dei rifiuti generati dal trattamento dei rifiuti e dalla produzione del granulato nonché i vantaggi ambientali derivanti dall'applicazione dell'ELFM alla discarica oggetto di studio.

La produzione, manutenzione e smaltimento degli impianti ed altri materiali ausiliari sono stati inclusi nel presente studio. Le emissioni in aria e indoor così come la produzione di rifiuti solidi e li-

quidi sono stati considerati e quantificati. Inoltre, sono state fatte le seguenti assunzioni:

- i trasporti delle materie prime, impianti, sistemi e macchine pari a una distanza media di 100 km dal produttore all'utilizzatore;
- l'installazione di filtri HEPA con un'efficienza del 99,97% durante la produzione del granulato secondario;
- l'utilizzo di dispositivi di protezione individuale di tipo facciale con un'efficienza del 95% durante la produzione del granulato secondario secondo gli standard normativi europei (EN, 2009).

2.2.4. La qualità dei dati

I dati relativi al processo di trattamento dei rifiuti sono stati forniti da IREOS S.p.A., e riguardano le fasi di trattamento, descrizione delle macchine, consumi energetici e idrici, concentrazioni delle emissioni e quantità di materiali separati al termine del trattamento.

Il processo di produzione del granulato secondario è stato schematizzato grazie a interviste con un'azienda che lavora materiali plastici.

La banca dati adottata è Ecoinvent v. 3 (Ecoinvent Centre, 2014). Il Metodo di valutazione del danno è IMPACT 2002+ (Joliet et al., 2003) modificato in accordo con Pini e colleghi (2014). Il codice di calcolo usato è SimaPro 8.5 (Pré, 2017). Dal momento che il metodo IMPACT 2002+ non tiene in considerazione le emissioni locali e indoor, in particolare, relativamente al particolato emesso durante la macinazione ed inalato dai lavoratori, sono stati calcolati i fattori di caratterizzazione adottando un metodo preliminare (Ferrari et al., 2018), al fine di valutare gli effetti sulla salute dell'uomo di tali emissioni.

È stata aggiunta la categoria d'impatto *Mesotelioma* e la categoria di danno *Tumori da fibra di amianto* per considerare gli impatti sulla salute dell'uomo delle emissioni delle fibre di amianto.

Il modello utilizzato per il Life Cycle Inventory (LCI) è *attributional, partitioning*, al fine di gestire la presenza dei co-prodotti risultanti dall'attività di trattamento del rifiuto (Pini et al., 2018).

L'allocazione è basata sul criterio di massa, poiché è considerato il principio migliore per ripartire il danno tra diverse tipologie di co-prodotti. Tale criterio è raccomandato dalla ISO 14040 (UNI, 2006) e, inoltre, permette di attribuire a tutti i coprodotti il medesimo valore, dal momento che ciascuno di essi necessita di un ulteriore trattamento che permetta di ottenere materia secondaria.

2.2.5. Inventario

I dati più rappresentativi usati nell'inventario del trattamento del rifiuto da discarica e della produzione del granulato sono riportati nelle tabelle seguenti (Tabella 1 e Tabella 2).

Al termine del processo di trattamento si è ottenuta una riduzione volumetrica dei rifiuti da ricollocare in discarica pari a circa il 37% del volume iniziale della discarica.

Tabella 1 – Inventario del processo di ELMF

| Input | Valore | Unità di misura |
|---|--------------|------------------|
| Trattamento del rifiuto | 5,30E+06 | t |
| Input dalla natura | | |
| Occupazione del suolo (impianto) | 3,60E+05 | m ² a |
| Trasformazione del suolo (a impianto) | 1,20E+05 | m ² |
| Occupazione del suolo (discarica) | -4,70E+06 | m ² a |
| Trasformazione del suolo (da discarica) | 1,60E+05 | m ² |
| Materiali | | |
| Acqua | 4,10E+04 | m ³ |
| Cemento per base impianto | 2,90E+03 | t |
| Gasolio per condizionamento | 33 | t |
| MIBC | 7,3 | t |
| Flocculante | 15 | t |
| Energia | | |
| Elettricità | 2,00E+06 | kWh |
| Trasporti | | |
| Gomma | 1,80E+08 | tkm |
| Nave | 1,20E+08 | tkm |
| Output | Value | Unit |
| Co-prodotti | | |
| Ferro | 3,00E+03 | t |
| Alluminio | 6,10E+03 | t |
| Plastica (HDPE) | 593 | t |
| Carbone | 7,10E+04 | t |
| Emissioni in aria | | |
| Ammoniaca | 1,10E-04 | t |
| Metalli | 3,90E-05 | t |
| Idrocarburi | 1,90E-04 | t |
| Fibre di amianto | 1,50E-08 | t |
| Fluoruri | 3,30E-05 | t |
| Rifiuti | | |
| Compostaggio del legno | 64,5 | t |
| Trattamento dei pneumatici | 103,2 | t |
| Riciclo materiali da costruzione | 2,90E+03 | t |
| Trattamento di componenti elettronici | 4,4 | t |
| Conferimento in discarica di rifiuti non recuperabili | 5,40E+06 | t |
| Trattamento acque | 9,20E+07 | t |

Tabella 2 – Inventario della produzione del granulato secondario

| Input | Valore | Unità di misura |
|---|--------------|-----------------|
| Materiali | | |
| HDPE recuperato da discarica | 1,1 | kg |
| Energia | | |
| Elettricità | 0,5 | kWh |
| Trasporti | | |
| Gomma | 0,1 | tkm |
| Nave | 0,5 | tkm |
| Output | Value | Unit |
| Prodotto principale | | |
| HDPE granulato | 1 | kg |
| Prodotto evitato | | |
| Plastica di scarto recuperata | 7 E-2 | kg |
| Emissioni in aria | | |
| Particolato | 9,10E-03 | kg |
| NMVOG | 5,40E-05 | kg |
| Rifiuti | | |
| Smaltimento in discarica per rifiuti pericolosi del particolato trattenuto dai filtri a maniche | 4 E-2 | kg |
| Riciclo di plastica di scarto | 3,00E-03 | kg |

Viene inserita, pertanto, tra gli input dalla natura una voce di occupazione del suolo negativa e una trasformazione del suolo da discarica, a cui il metodo di calcolo attribuisce un contributo negativo, per tenere conto della frazione di suolo recuperata e restituita alla natura a seguito del trattamento dei rifiuti.

2.2.6. Valutazione del danno

L'analisi ambientale del danno dovuto all'estrazione e al trattamento di 1,1 kg di HDPE, ovvero la quantità di risorsa necessaria per la produzione di 1 kg di HDPE secondario, è di seguito riportata. Il danno a livello end-point è pari a 1,5E-5 Pt, di cui il 68,8% è dovuto al trattamento dei rifiuti, il 19,3% è dovuto ai trasporti, l'11,9% è dovuto ad altri processi, principalmente la realizzazione della piattaforma su cui poggia l'impianto. Il vantaggio ambientale derivante dalla liberazione del suolo dovuta alla riduzione volumetrica dei rifiuti è pari a -0,5%. I risultati dell'analisi mid-point, in cui i risultati sono espressi in categorie di impatto e quantificati in kg di sostanza di riferimento per ciascuna categoria, sono riportati in Tabella 4.

La Figura 3 (a pagina seguente) evidenzia come il contributo più significativo al danno totale sia

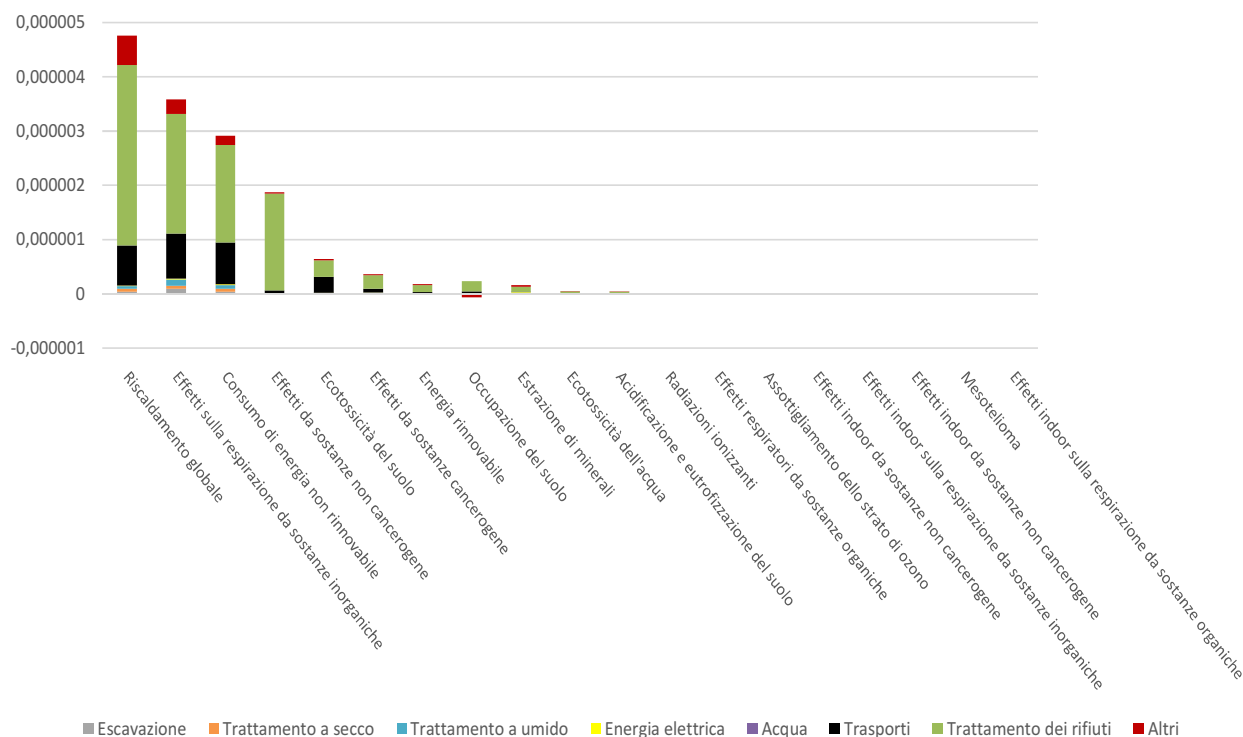


Figura 3 – Valutazione del danno per pesatura per impact category del processo di ELFM

fornito dalla categoria Riscaldamento globale (32,7%), dovuto all’emissione di diossido di carbonio di origine fossile (75,4%), emesso principalmente nei processi di trattamento dei rifiuti e, in particolare, nel processo di trattamento di fine vita di anodi e catodi. A seguire, la categoria Effetti sulla respirazione da sostanze inorganiche (24,6% del danno totale) rappresenta il secondo contributo al danno totale, principalmente per l’emissione di particolato <math><2.5 \mu\text{m}</math> (35,8%) nei processi di trattamento dei rifiuti e, in particolare, per il conferimento in discarica dei rifiuti non recuperati. La categoria Consumo di energie non rinnovabili segue con il 20% del danno totale, principalmente per l’utilizzo di greggio (74%), soprattutto nei processi di trattamento dei rifiuti e, in particolare, per il conferimento in discarica dei rifiuti non recuperati, dove la

risorsa viene impiegata per la realizzazione della discarica stessa.

La categoria Effetti da sostanze non cancerogene segue con il 12,8% del danno totale, principalmente per l’emissione in acqua di antimonio (70,7%), emessa soprattutto nei processi di trattamento dei rifiuti e, in particolare, nel processo di trattamento di fine vita di anodi e catodi.

La categoria Ecotossicità del suolo contribuisce al danno totale per il 4,4%, principalmente per l’emissione di zinco nel suolo (37,3%) soprattutto nei trasporti e, in particolare, per il trasporto dei rifiuti non recuperabili in discarica. La categoria Effetti da sostanze cancerogene contribuisce al danno totale per il 2,5%, principalmente per l’emissione di alluminio in aria (25%) soprattutto nei processi di trattamento dei rifiuti e, in particolare, nel processo di trattamento di fine vita di anodi e catodi.

Tabella 3 – Valutazione del danno per punteggio singolo del processo di produzione del granulato secondario

| Categoria di danno | Unità | Totale | Macinazione | Estrusione e granulazione | Imballaggio |
|------------------------------|-------|---------|-------------|---------------------------|-------------|
| Salute umana | Pt | 5,8E-05 | 2,8E-05 | 2,7E-05 | 4,2E-06 |
| Risorse | Pt | 5,4E-05 | 1,8E-05 | 2,8E-05 | 8,6E-06 |
| Cambiamento climatico | Pt | 3,9E-05 | 1,7E-05 | 1,9E-05 | 3,6E-06 |
| Qualità dell’ecosistema | Pt | 1,4E-05 | 3,8E-06 | 1E-05 | 3,4E-07 |
| Salute umana su scala indoor | Pt | 1,1E-07 | 1,1E-07 | 4,1E-19 | 0 |
| Tumore da fibre amianto | Pt | 1,7E-13 | 1,6E-13 | 1,9E-15 | 0 |
| Salute umana su scala locale | Pt | 3,9E-16 | 0 | 3,9E-16 | 0 |

Tabella 4 – Caratterizzazione del danno per impact category del processo di ELMF

| Categoria di impatto | Unità | Totale | Escavazione | Trattamento a secco | Trattamento a umido | Energia elettrica | Acqua | Trasporti | Trattamento dei rifiuti | Altri |
|---|--|---------|-------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------|-----------|-------------------------|----------|
| Effetti da sostanze cancerogene | kg C ₂ H ₃ Cl eq | 9,2E-04 | 6,8E-06 | 8,6E-06 | 4,4E-05 | 3,1E-06 | 4,4E-07 | 1,7E-04 | 6,3E-04 | 5,5E-05 |
| Effetti da sostanze non cancerogene | kg C ₂ H ₃ Cl eq | 4,7E-03 | 2,2E-06 | 4,9E-06 | 2E-05 | 1,5E-06 | 3,4E-07 | 1,3E-04 | 4,5E-03 | 6E-05 |
| Effetti sulla respirazione da sostanze inorganiche | kg PM _{2,5} eq | 3,6E-05 | 1E-06 | 5,6E-07 | 1,1E-06 | 1,6E-07 | 1,6E-08 | 8,4E-06 | 2,2E-05 | 2,8E-06 |
| Radiazioni ionizzanti | Bq C-14 eq | 2,9E-01 | 2,5E-03 | 4,7E-03 | 6,6E-03 | 3,2E-03 | 1,4E-03 | 6E-02 | 1,9E-01 | 2E-02 |
| Assottigliamento dello strato d'ozono | kg CFC-11 eq | 5,3E-09 | 6,2E-11 | 1E-10 | 8,4E-11 | 2,1E-11 | 2,5E-12 | 1,3E-09 | 3,5E-09 | 1,8E-10 |
| Effetti sulla respirazione da sostanze organiche | kg C ₂ H ₄ eq | 2,6E-05 | 3,7E-07 | 2,4E-07 | 3,1E-07 | 2,9E-08 | 2,5E-09 | 3,6E-06 | 2,1E-05 | 5,5E-07 |
| Ecotossicità dell'acqua | kg TEG water | 1,4E+01 | 1,5E-02 | 2,6E-02 | 5,9E-02 | 1,3E-02 | 1,2E-03 | 6,5E-01 | 1,3E+01 | 1,2E-01 |
| Ecotossicità del suolo | kg TEG soil | 1,1E+00 | 4E-03 | 7,2E-03 | 2,4E-02 | 4,1E-03 | 3E-04 | 5E-01 | 5,4E-01 | 3,6E-02 |
| Acidificazione ed eutrofizzazione del suolo | kg SO ₂ eq | 6,4E-04 | 2,3E-05 | 1,3E-05 | 7,6E-06 | 3E-06 | 2,1E-07 | 1,3E-04 | 4,1E-04 | 5,4E-05 |
| Occupazione del suolo | m ² org.arable | 2,1E-03 | 2,2E-06 | 7,4E-06 | 3E-05 | 1,3E-05 | 1,2E-06 | 5,5E-04 | 2,3E-03 | -8,1E-04 |
| Acidificazione acquatica | kg SO ₂ eq | 1,4E-04 | 3,3E-06 | 2,3E-06 | 2,3E-06 | 8,8E-07 | 6,3E-08 | 2,5E-05 | 9,8E-05 | 1,1E-05 |
| Eutrofizzazione acquatica | kg PO ₄ P-lim | 8,7E-06 | 3,6E-08 | 5,7E-08 | 2,1E-07 | 3,1E-08 | 4,3E-09 | 8,2E-07 | 7,3E-06 | 2,7E-07 |
| Riscaldamento globale | kg CO ₂ eq | 4,7E-02 | 3,5E-04 | 5,6E-04 | 4,7E-04 | 1,7E-04 | 1,2E-05 | 7,3E-03 | 3,3E-02 | 5,4E-03 |
| Consumo di energie non rinnovabili | MJ primary | 4,4E-01 | 5,4E-03 | 8,8E-03 | 1E-02 | 2,8E-03 | 3,7E-04 | 1,2E-01 | 2,7E-01 | 2,6E-02 |
| Estrazione di minerali | MJ surplus | 2,4E-02 | 1,8E-04 | 3,2E-04 | 2,9E-03 | 1,6E-03 | 1,5E-05 | 1,7E-03 | 1,4E-02 | 4,1E-03 |
| Energia rinnovabile | MJ | 2E-02 | 5,3E-05 | 1,3E-04 | 6,5E-04 | 9,1E-04 | 9,2E-05 | 1,8E-03 | 1,5E-02 | 1,5E-03 |
| Effetti indoor da sostanze non cancerogene | kg C ₂ H ₃ Cl eq | 1,1E-07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,1E-07 | 0 |
| Effetti indoor sulla respirazione da sostanze organiche | kg C ₂ H ₄ eq | 4,8E-15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,8E-15 | 0 |
| Effetti indoor sulla respirazione da sostanze inorganiche | kg PM _{2,5} eq | 7,1E-13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7,1E-13 | 0 |
| Effetti indoor da sostanze cancerogene | kg C ₂ H ₃ Cl eq | 2,2E-12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,2E-12 | 0 |
| Mesotelioma | casi | 4,1E-17 | 1,2E-17 | 1,4E-17 | 1,6E-17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Le altre categorie forniscono un contributo inferiore al 2%.

L'analisi end-point della produzione del HDPE secondario (Tabella 3), in cui i risultati sono normalizzati ed espressi in Punto, il quale rappresenta il danno medio nella specifica categoria causati da una persona in un anno in Europa, evidenzia che il danno totale per la produzione di 1 kg di granulato è pari a 1,7E-4 Pt dovuto per il 50,2% al processo di estrusione e granulazione, segue la macinazione con il 39,7% e, infine, l'imballaggio con il 10,1%. In particolare, le categorie di danno che contribuiscono maggiormente al danno totale sono Salute umana (35%), principalmente a causa dell'emissione in aria di particolato <2,5 µm (32%) il qua-

le è emesso per circa il 55% durante il processo di estrusione e granulazione che avviene per la produzione di energia elettrica da lignite (10%) e durante la macinazione (41%). Risorse (32,6% del danno totale), è affetta principalmente dall'utilizzo di uranio (28,2%) e principalmente in estrusione e granulazione per la produzione di energia elettrica usata in estrusione.

Il contributo al danno totale di Cambiamento climatico (23,5%) è dovuto soprattutto al diossido di carbonio, fossile (93,2%), emesso principalmente in estrusione e granulazione e, in particolare, per la produzione di energia elettrica.

Il danno in Qualità dell'ecosistema (8,7% del danno totale) è dovuto principalmente all'occupazione

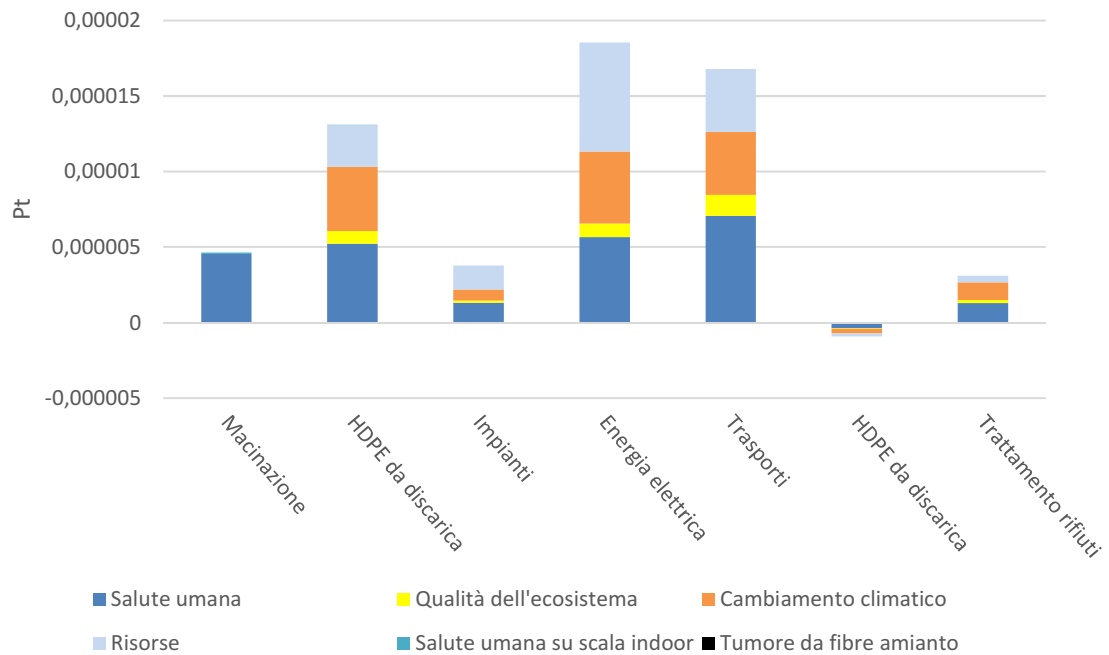


Figura 4 – Valutazione del danno per punteggio singolo del processo di macinazione

ne intensiva delle foreste (51,4%), principalmente in Estrusione e granulazione, a causa della produzione di pallet per imballaggio considerati dal processo di banca dati di estrusione.

Salute umana su scala indoor (6,3E-2%) è affetta principalmente da particolato >10 µm (44,5%), emesso quasi totalmente in maniera diretta durante la macinazione.

La categoria Tumore da fibra di amianto (9,9E-8% del danno totale), il cui danno è dovuto al trattamento del rifiuto da discarica e, in particolar modo, al trattamento a umido, contribuisce al danno della sola macinazione. Infine, Salute umana su scala locale (2,3E-10% del danno totale) è dovuta per il 59,3% a particolato >10 µm, emesso nel processo di trattamento dei fanghi risultanti dal processo di trattamento acque.

Il danno relativo all'estrazione e al trattamento di HDPE costituisce il 22,2% del danno totale della fase di macinazione per la produzione del granulato secondario, terzo contributo dopo l'energia elettrica (31,4%) e i trasporti (28,5%) (Fig. 4).

L'HDPE recuperato da discarica costituisce anche un prodotto evitato, in quanto, grazie alla vagliatura, è possibile recuperare parte dello scarto derivante dalla macinazione e reimmetterlo nel processo produttivo.

Al fine di valutare la sostenibilità ambientale del granulato prodotto da HDPE recuperato da discarica rispetto al granulato prodotto da HDPE vergi-

ne, si riporta di seguito un confronto tra i due scenari appena enunciati (Fig. 5).

Il processo che risulta maggiormente impattante è la produzione del HDPE vergine secondo il processo di banca dati (Ecoinvent Centre, 2014), in particolare risulta essere 5,5 volte maggiore (9,1E-4 Pt) rispetto alla produzione del granulato da HDPE recuperato. In particolare si possono notare gli incrementi per le seguenti categorie di danno:

- per Risorse il danno del caso di produzione da vergine è 9,3 volte maggiore (5E-4 Pt) rispetto al caso del HDPE recuperato (5,4E-5 Pt), in particolare per il consumo di greggio (2,7E-4 Pt contro 1,2E-5 Pt dello scenario di recupero) che nel processo di banca dati rappresenta la risorsa principale per la produzione del HDPE vergine (infatti per ottenere 1 kg di HDPE vergine sono necessari 0,9 kg di petrolio greggio);
- per Salute umana il danno del granulato vergine è 4 volte maggiore (2,3E-4 Pt) rispetto al caso del recupero da discarica (5,8E-5), in particolare per il danno dovuto all'emissione di idrocarburi aromatici (1,2E-4 Pt) che risulta essere due ordini di grandezza maggiore rispetto al HDPE recuperato da discarica (1,4E-6 Pt), in particolare a causa delle emissioni dirette presenti nel processo di banca dati;
- per Cambiamento climatico il danno del granulato vergine è 4,5 volte maggiore (1,8E-4 Pt) rispetto al caso del recupero (3,9E-5 Pt), in particolare di un ordine di grandezza per diossido

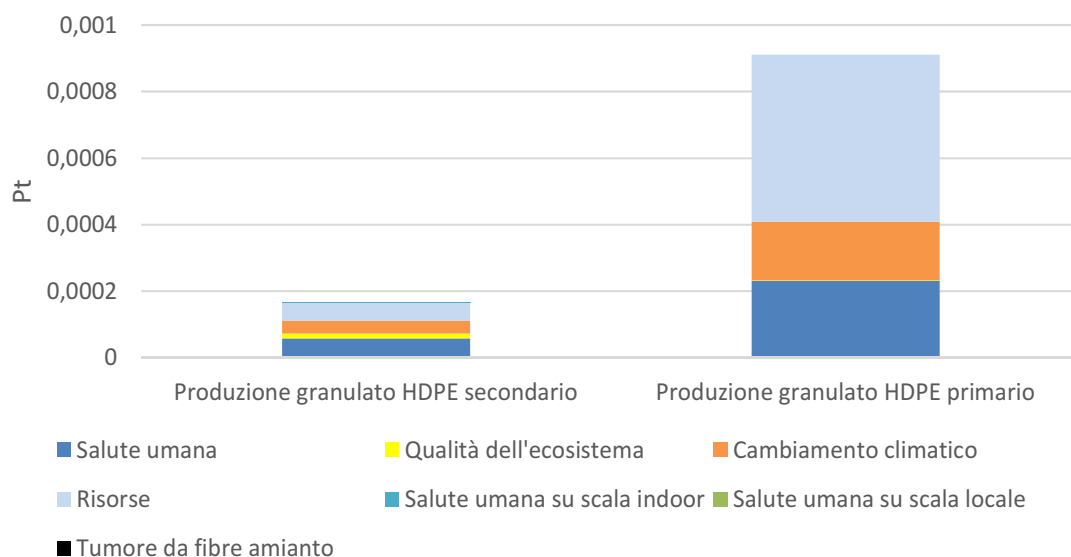


Figura 5 – Confronto della valutazione del danno per punteggio singolo tra la produzione del granulato secondario e la produzione del granulato primario

di carbonio, fossile (1,6 Pt) rispetto al caso del recupero (3,6E-5 Pt), soprattutto a causa delle emissioni dirette presenti nel processo di banca dati;

- Qualità dell'ecosistema risulta avere un danno 7,7 volte maggiore nel caso del HDPE recuperato da discarica (1,4E-5 Pt) rispetto alla produzione vergine (1,9E-6 Pt). In particolar modo occupazione del suolo con coltivazioni forestali, da cui viene ricavato il legno del pallet usato come imballaggio nel processo di estrusione dell'HDPE recuperato, assunto da banca dati Ecoinvent;_
- per le categorie Salute umana su scala indoor, Salute umana su scala locale e Tumori da fibra amianto il danno è considerato solo per l'HDPE recuperato._

3. CONCLUSIONI

In questo studio, è stata valutata, con metodologia LCA, la sostenibilità ambientale della produzione di HDPE secondario ottenuto a partire da materiale plastico estratto mediante ELFM.

È stata analizzato il processo di trasformazione del rifiuto in risorsa secondaria ed è emerso che l'impatto principale è rintracciabile nella fase di estrusione, dato l'elevato consumo energetico di tale fase. La categoria Salute umana su scala indoor, che quantifica il danno dovuto alle emissioni inalate dai lavoratori, è stata inclusa nel presente studio e il suo contributo al danno totale risulta essere contenuto, pari al 0,1%, grazie alla presenza di

impianti di aspirazione collocati su ogni macchina e all'utilizzo di dispositivi di protezione individuale.

La fase di macinazione, che rappresenta il 39,7% del danno totale, è affetta per oltre il 22% dall'HDPE recuperato da discarica.

Il contributo principale al danno del processo di trattamento del rifiuto dalla discarica è attribuibile al trattamento di fine vita dei rifiuti non recuperabili e allo smaltimento dei rifiuti generati dal trattamento stesso. In particolar modo, il trattamento riservato agli anodi e catodi separati al termine del trattamento costituisce l'impatto più significativo, seguito dal conferimento in discarica dei fanghi filtro-pressati, della sabbia, del middling e del sink. Anche i trasporti contribuiscono in maniera significativa al danno totale, a causa delle elevate quantità di rifiuti che non è stato possibile recuperare, soprattutto sabbia, per mancanza di potenziali utenti nelle vicinanze.

Il danno dovuto alla categoria Tumore da fibra di amianto è pari a 9,9E-8% del danno totale.

Il vantaggio ambientale derivante dall'evitata occupazione del suolo grazie alla riduzione volumetrica dei rifiuti rimanenti è stato incluso nell'analisi ed è risultato essere pari a -0,5% del danno delle operazioni di ELFM.

Il risultato del confronto tra la produzione di HDPE secondario con HDPE primario mostra un vantaggio ambientale per il primo scenario rispetto alla produzione da risorsa primaria.

Il contributo più significativo all'incremento del danno è senza dubbio rappresentato dall'estrazio-

ne di risorsa non rinnovabile per la produzione del materiale plastico primario; a seguire, le emissioni del processo di lavorazione del greggio stesso accrescono il danno della produzione di HDPE primario.

Pertanto, la produzione di materiale plastico secondario risulta essere ambientalmente preferibile rispetto alla produzione del primario, sia in termini di evitata estrazione di risorsa non rinnovabile, sia a causa dell'entità delle emissioni generate dal processo di produzione del primario stesso.

4. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- CPG Lab Srl (2017) Ideazione e sviluppo di un innovativo sistema multifunzionale polivalente finalizzato alla valorizzazione di materiali plastici di scarto, recuperati principalmente da depositi interrati e/o discariche, ai fini di un loro riutilizzo e/o impiego in specifiche filiere. Relazione intermedia.
- Danthurebandara M., Van Passel S., Vanderreydt I. et al. (2015a) Assessment of environmental and economic feasibility of Enhanced Landfill Mining. *Waste management*, 45, 434-447.
- Danthurebandara M., Van Passel S. e Vanderreydt I. (2015b) Environmental and economic assessment of 'open waste dump' mining in Sri Lanka. *Resources, Conservation and Recycling*, 102, 67-79.
- Ecoinvent Center (2014) Ecoinvent Database, version 3.0. Life Cycle Inventories. Retrieved from www.ecoinvent.ch. Ecoinvent Association: Zürich.
- Enciclopediaambiente (2014) Landfill Mining. <http://www.enciclopediaambiente.com/definizioni/landfill-mining/>
- European Commission (2015) Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614>
- European Commission (2014) European Innovation Partnership on Raw Materials, EURELCO European Enhanced Landfill Mining Consortium. <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/eip-raw-materials/en/content/european-enhanced-landfill-mining-consortium>.
- European Parliamentary Research Service (2018) Material use in the European Union: Towards a circular approach, [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2018/625180/EPRS_BRI\(2018\)625180_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2018/625180/EPRS_BRI(2018)625180_EN.pdf)
- European Standard EN149:2001+A1:2009.
- Eurostat (2017) Statistiche sui rifiuti. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics/it
- Ferrari A., Volpi L., Pini M., Siligardi C. et al. (2019) Building a Sustainability Benchmarking Framework of Ceramic Tiles Based on Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA). *Resources*, 8(1), 11.
- Flyhammar P. (1997) Heavy Metals in Municipal Solid Waste Deposits. Lund. University of Technology, Lund, Sweden. Water Resources Engineering AFR-report 231.
- Goedkoop M., Heijungs R., Huijbregts, M. et al. (2009) ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level, 1, 1-126.
- Gusca J., Fainzilbergs M., e Muizniece I. (2015) Life cycle assessment of landfill mining project. *Energy Procedia*, 72, 322-328.
- Jain P., Powell J.T., Smith J.L., Townsend T.G. et al. (2014) Life-cycle inventory and impact evaluation of mining municipal solid waste landfills. *Environmental science & technology*, 48(5), 2920-2927.
- Jolliet O., Margni M., Charles R., Humbert S., et al. (2003) IMPACT2002+: A new life cycle impact assessment methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 8: 324-330.
- Jones P.T., Geysen D., Tielemans Y. et al. (2013). Enhanced Landfill Mining in view of multiple resource recovery: a critical review. *Journal of Cleaner Production*, 55, 45-55.
- Ministero dello Sviluppo Economico, Direzione generale per la lotta alla contraffazione, Ufficio Italiano Brevetti e Marchi (2018) N. 102015000089311.
- Parlamento Europeo e Consiglio Europeo, Direttiva 2008/98/CE, GU L 312 del 22.11.2008. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>
- Pini M., Ferrari A.M., Gamberini R. et al. (2014) Life cycle assessment of a large, thin ceramic tile with advantageous technological properties. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(9).
- Pini M., Neri P. e Ferrari A.M. (2018) Environmental performance of waste management in an Italian region: how LCI modelling framework could influence the results. Elsevier B. V. Proceeding of 25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference.
- Smart Ground, European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme, number 641988 (2014) Toolkit sull'Enhanced Landfill Mining. https://www.smart-ground.eu/download/tk/MSWtoolkit_Italian.pdf
- Sormunen K., Ettala M. e Rintala J. (2008) Detailed internal characterisation of two. Finnish landfills by waste sampling. *Waste Management* 28, 151-163.
- UNI EN ISO 14040:2006, www.iso.org/standard/37456.html
- UNI EN ISO 14044:2006, www.iso.org/standard/38498.html
- Wenzel H., Hauschild M.Z. e Altling L. (1997) Environmental Assessment of Products. Methodology, Tools, Techniques and Case Studies, vol. 1, 0-412-80800-5, Chapman & Hall, Kluwer Academic Publishers, Hingham, MA, USA. 544 pp.

IL LIFE CYCLE THINKING COME STRUMENTO DI SUPPORTO VERSO LA BIOECONOMIA CIRCOLARE: UN CASO STUDIO NELL'INDUSTRIA COSMETICA

Francesca Rosa¹, Serena Errante², Federica Carlomagno², Giacomo Magatti^{1*}

¹ Centro di Ricerca Polaris, Dip. di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università degli Studi di Milano-Bicocca, Milano.

² Roelmi HPC s.r.l., Origgio (VA).

Sommario – La bioeconomia è un comparto in grande crescita (solo in Italia rappresenta il 10,1 % del Pil) i cui componenti fondamentali derivano da risorse biologiche rinnovabili. Il comparto ha l'obiettivo di sviluppare modelli di economia circolare, valorizzando o dando nuova vita a sottoprodotti o rifiuti organici di altre produzioni attraverso la chiusura del ciclo e il recupero di materia. In questo contesto, il Life Cycle Assessment è uno strumento appropriato per verificare soluzioni di circolarità, in quanto presunti ingredienti «eco-compatibili» potrebbero determinare profili ambientali non sostenibili se valutati nell'intero ciclo di vita. È così possibile identificare gli impatti e dove poter agire per ridurli, considerando tutti gli aspetti: linee di produzione, logistica, packaging, distribuzione, ecc. Il caso studio presentato è nell'ambito dell'industria cosmetica, che ha necessità di adottare un approccio Life Cycle Thinking per ridurre gli impatti ambientali dei propri prodotti e rispondere alle aspettative dei consumatori in termini di ingredienti naturali e sostenibili. La valutazione riguarda le Cytofruit® Waters, sottoprodotto del succo di agrumi concentrato, utilizzate in prodotti per la cura della pelle. L'acqua contenuta nella frutta, solitamente scartata nella fase di concentrazione del succo, è recuperata, purificata e utilizzata in cosmesi. Lo studio analizza le prestazioni energetico-ambientali del ciclo di vita di questo prodotto: raccolta e purificazione dell'acqua dalla concentrazione del succo; trasporto al sito di confezionamento; repackaging; spedizione ai clienti. I risultati mostrano come gli impatti derivino principalmente da packaging (materiali plastici vergini), logistica (trasporto da produttore del succo al confezionamento e spedizione ai clienti) e consumi di energia presso il produttore del succo. LCA è stata utilizzata per ipotizzare uno scenario migliorativo, tramite l'accorciamento della filiera e l'eliminazione di una quota dei contenitori plastici.

Parole chiave: Life Cycle Assessment, economia circolare, sottoprodotto, cosmesi, gestione filiera.

LIFE CYCLE THINKING AS A SUPPORT TOOL FOR THE CIRCULAR BIOECONOMY: A CASE STUDY IN THE COSMETICS INDUSTRY

Abstract – The *bioeconomy* can be defined as an economic model where the fundamental components for

materials, chemicals and energy derive from renewable resources. The goal is a sustainable production and an efficient use of resources. The bioeconomy is a strategic sector for Italy as it is worth 10.1% of GDP, with a great growth potential especially in the southern regions. The bioeconomy becomes *circular economy* when it enhances the by-products of other production or organic waste by giving them a new life. Today the transition from a linear model to a circular model is needed to replace fossil and abiotic materials. However, a sustainable use of biotic resources is not based only on their renewability, but it takes into account the relevant supply chains and defines a model for assessing the environmental impact of the production process in a solid and complete way. The appropriate assessment methodology for this approach is LCA. In the cosmetics industry, improving and promoting eco-innovation solutions requires effective methods to assess the environmental impacts of products and reduces the shift of burdens between life cycle phases and impact categories. Overall, an ingredient deemed “*environmental friendly*” (as a natural by-product) could cause worse environmental impacts if assessed in a cradle to grave or cradle to gate perspective. For this reason, it is necessary to use the Life Cycle Thinking approach to ensure that green chemistry options respond to the need to reduce environmental impact in global terms. Therefore, the LCA methodology is a suitable tool for assessing the real sustainability of a supply chain. LCA can highlight the main impacts and identify where they can be reduced, considering all aspects of the life cycle: production lines, logistics, packaging, distribution, etc. The case study in question concerns the production of a line of functional ingredients, the Cytofruit® Waters, developed by Roelmi HPC s.r.l., a B2B company specialized in health and personal care. This product is obtained from a by-product of concentrated fruit juice production. Cytofruit® Waters are active organic waters enriched with trace elements. They are used in skin and body care products for their property of protecting skin cells from environmental stresses. In particular, the water naturally contained in the fruit, which would be lost during the phase of juice concentration, is collected, purified and made available for cosmetics in place of the drinking water used in the finished products. In this study, the LCA methodology was applied to the energy-environmental performance of the production of this natural water line. In summary, the life cycle provides for the collection of water deriving from the processing chain of concentrated citrus juice; purification by micro- and ultra-filtration; transportation to

* Per contatti: e-mail giacomo.magatti@unimib.it, Piazza della Scienza 1, 20126 Milano.

the packaging site; shipping to customers. The LCA assessment shows various ideas and critical issues along the supply chain. Most relevant impacts come from packaging (use of virgin plastic materials), logistics (transport from the juice production plant to the company headquarters and distribution to customers) and energy consumption for the production of aromatic waters in the juice production plant. Although there is an enhancement of a by-product that replaces the use of drinking water, the production chain still uses a lot of it for different operations. LCA applied in this context shows that it is necessary not only to evaluate the flows and the circularity of the main ingredient (the by-product) but also to analyze in detail all the phases of the life cycle to determine the true environmental sustainability of the supply chain. The LCA study was useful for the company to learn more about its supply chain and to assume its environmental responsibility. LCA is strategic to highlight critical issues and improve the supply chain: in this perspective, this preliminary assessment is the basis with which the company can implement sustainability strategies in the various processes. In fact, the study allowed the company to design a new supply chain model that reduces environmental impacts and at the same time costs, reducing packaging and transport phases. Finally, the Life Cycle Thinking approach can also be used as an incisive communication tool for its stakeholders and customers based on a solid scientific methodology.

Keywords: *Life Cycle Assessment, circular economy, by-product, cosmetics, supply chain management.*

Ricevuto il 16-4-2019. Correzioni richieste il 3-5-2019. Accettazione il 12-6-2019.

1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro si inserisce nell'ambito della bioeconomia circolare, che mira a promuovere produzioni sostenibili a partire da un uso efficiente di risorse derivanti anche da altre filiere (scarti di processo, rifiuti).

In particolare, il caso studio prende in esame un ingrediente utilizzato nell'industria cosmetica proveniente dalla lavorazione di una filiera agroalimentare. Lo strumento metodologico adatto a evidenziare gli impatti ambientali dell'intera filiera è l'analisi del ciclo di vita LCA (Life Cycle Assessment), utile a misurare non solo la circolarità dell'elemento principale considerato ma anche a valutare tutti gli input e tutti gli output della catena del valore del prodotto finito.

1.1. Bioeconomia ed economia circolare

La disponibilità e l'accesso sicuro alle risorse naturali del pianeta rappresentano la base indispensabile per la vita umana e per il benessere socio-

economico della nostra società. Tuttavia, in un mondo globalizzato in cui si stima una crescita della popolazione che porterà a raggiungere quota 9 miliardi di persone entro il 2050, la crescita continua di domanda e concorrenza relative a risorse limitate mette a rischio la sicurezza nell'approvvigionamento delle risorse stesse, aumentando la pressione e gli effetti sull'ambiente, generando una crisi per la sostenibilità dei modelli esistenti di produzione e consumo (UNDESA, 2015).

L'umanità, tramite le sue attività, ha oltrepassato tre dei nove confini planetari di sicurezza: per il cambiamento climatico, il tasso di perdita di biodiversità e le modifiche al ciclo globale dell'azoto (Rockström, 2009).

Vi è un'evidenza crescente che le attività umane stiano influenzando il funzionamento del sistema Terra in misura tale da minacciarne la resilienza, intesa come la capacità di persistere di fronte a crescenti pressioni antropiche in uno stato simile all'Olocene (Steffen, 2015), epoca in cui il pianeta è stato in equilibrio per più di 11 mila anni e che si sta chiudendo lasciando spazio all'Antropocene, in cui è l'uomo stesso a mutare la storia geologica del pianeta (Cruetzen, 2002).

In tale contesto, molte economie globali hanno bisogno di rivedere radicalmente l'attuale approccio alla produzione e al consumo, migliorando l'efficienza nell'uso delle risorse sia abiotiche che biotiche, al fine di raggiungere obiettivi sfidanti come i Sustainable Development Goals dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite (UN, 2015). È pertanto necessaria la transizione dal modello economico convenzionale fondato sull'utilizzo di materiali fossili verso la bioeconomia, un'economia in cui le componenti fondamentali (materie prime, sostanze chimiche, energia) derivano da risorse biologiche rinnovabili (McCormick, 2013).

Inoltre, in un'ottica di produzione sostenibile ed uso efficiente delle risorse stesse, è fondamentale integrare alla bioeconomia i principi dell'*economia circolare* (D'Amato, 2017).

La bioeconomia diviene circolare quando mira a valorizzare i sottoprodotti o i rifiuti organici di altre produzioni dando loro una nuova vita: questo modello economico, che punta a realizzare attività di "chiusura del cerchio" (closing loop) negli ecosistemi industriali, riducendo al minimo gli sprechi, si contrappone al modello lineare del "make, use, dispose" (EU, 2012). Questo nuovo approccio cambia radicalmente la logica economica perché va a sostituire in parte la produzione: riutilizzare

ciò che è possibile, riciclare ciò che non può essere riutilizzato, riparare ciò che è rotto, rigenerare ciò che non può essere riparato (Stahel, 2016).

Il 5° Rapporto dedicato alla bioeconomia in Europa mostra come in Italia il settore occupi 2 milioni di lavoratori con un valore delle produzioni di 328 miliardi di euro, che rappresentano al 2017 il 10,1 del PIL nazionale, con un peso in discreta crescita sul totale delle attività economiche (rappresentava l'8,8% del PIL nel 2008) (Campanini, 2019).

Il rapporto evidenzia inoltre come ci sia un'elevata specializzazione di settore nelle regioni del sud Italia, con un ampio potenziale di sviluppo. Il caso studio qui presentato riguarda proprio un prodotto derivante da una filiera agroalimentare situata in Calabria.

Altro dato interessante sottolineato nel rapporto è il riciclo di rifiuti biocompatibili che in Italia è del 91%, il valore più alto d'Europa (media 77%).

Naturalmente, è necessario misurare la reale circolarità di un sistema e non è sufficiente valutare esclusivamente il flusso dell'*ingrediente* principale, ma si deve ragionare in un'ottica di *Life Cycle Thinking*: in questo senso il Life Cycle Assessment (LCA) è la metodologia appropriata per analizzare tutti i flussi di input e di output dell'intero ciclo di vita potendo così verificarne la circolarità.

La metodologia LCA può garantire che vi sia un uso sostenibile delle risorse biotiche in quanto risponde alla necessità di tenere conto correttamente del loro uso lungo le catene di approvvigionamento, definendo un solido e completo modello di valutazione dell'impatto ambientale (Crenna, 2018).

1.2. Bioeconomia nel settore cosmetico

In questo contesto, anche l'industria cosmetica deve migliorare e promuovere soluzioni di eco-innovazione, tramite un processo che richiede solidi metodi per valutare gli impatti ambientali e ridurre lo spostamento degli oneri tra le fasi del ciclo di vita dei prodotti e la tipologia degli impatti stessi. Il settore cosmetico è in crescita in tutto il mondo; solamente in Europa occupa oltre 2 milioni di addetti con vendite nel 2017 pari a 77,6 miliardi di euro (Cosmetics Europe, 2018). I cosmetici sono importanti prodotti di consumo e le aziende del settore hanno bisogno di migliorare costantemente i loro prodotti, per rimanere all'avanguardia in un mercato altamente competitivo, dove i consumatori si aspettano più scelta e sempre maggiore efficacia (Secchi, 2016), ma anche ingredienti natura-

li e biologici che allo stesso tempo che abbiano ridotti impatti ambientali nelle loro fasi di produzione e uso (Sahota, 2014).

Molti prodotti cosmetici hanno impatti importanti sull'acqua in termini di tossicità, l'industria ha pertanto necessità di introdurre strategie di eco-design e di chimica verde (Muñoz, 2008).

Tuttavia, presunte componenti «eco-compatibili», come quelli derivanti ad esempio da sottoprodotti naturali, potrebbe determinare profili ambientali non sostenibili se valutati in un'ottica di Life Cycle Thinking, analizzandone quindi l'intera filiera: l'estrazione delle materie prime, il trattamento delle stesse, i trasporti, la produzione e la fase d'uso. Nella letteratura scientifica di riferimento esistono ancora pochi studi in tale contesto: il presente lavoro si inserisce in questa necessità di adottare la metodologia LCA per garantire che le opzioni di chimica verde rispondano alla necessità di ridurre l'impatto ambientale in tutte le fasi del ciclo di vita (Secchi, 2016).

Un esempio da letteratura è quello di una valutazione LCA "*from cradle to grave*" di una crema cosmetica a base biologica contenente olio di palma raffinato (RPKO) che aveva l'obiettivo di indagare l'importanza della produzione di RPKO nell'impatto ambientale: i risultati mostrano come la fase di produzione agricola dell'olio di palma renda il ciclo insostenibile a causa degli elevatissimi impatti dovuti alla deforestazione (Martinez, 2017).

I produttori di cosmetici pertanto stanno sempre più adottando metodologie per la valutazione dell'impatto ambientale e sociale e per l'approvvigionamento etico delle materie prime (Sahota, 2014). Cosmetics Europe, l'Associazione Europea delle aziende dell'industria cosmetica, nel 2018 ha lanciato una campagna per promuovere nelle aziende buone pratiche di sostenibilità, che comprendono l'utilizzo della metodologia LCA e strategie di eco-design dei prodotti.

1.3. Caso studio: la produzione delle Cytofruit® Waters

Il caso studio qui presentato è stato commissionato da Roelmi Hpc, un'azienda B2B specializzata nell'Healt&Personal Care, situata nella provincia di Varese, che produce ingredienti per il mercato della salute e della bellezza.

L'obiettivo è la valutazione LCA del ciclo di produzione di Cytofruit® Waters, acque funzionali derivanti da un sottoprodotto della lavorazione di succo di frutta concentrato.

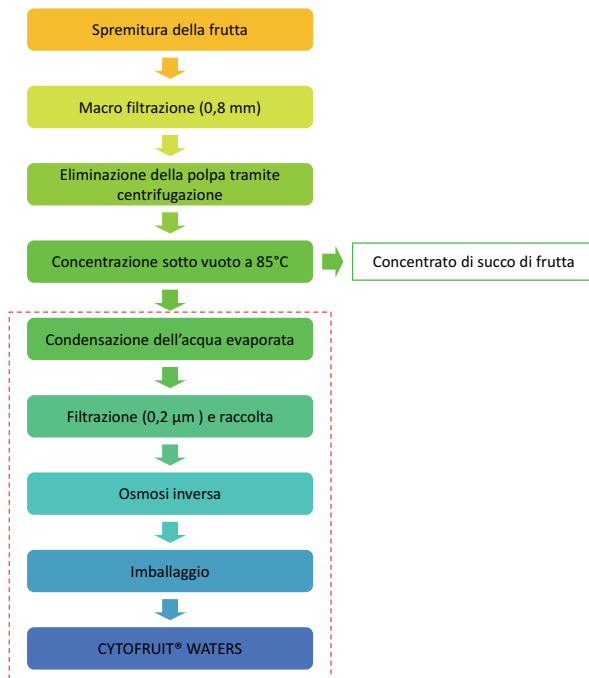


Figura 1 – Diagramma di flusso della produzione delle Cytofruit® Waters, a partire dalla fase di condensazione dell'acqua evaporata durante lo step finale di produzione del concentrato di succo di frutta

L'acqua naturalmente contenuta nella frutta, il cui destino è quello di andare persa mentre il succo viene concentrato ad alte temperature, è raccolta, purificata e resa disponibile per la cosmetica in sostituzione dell'acqua potabile usata nei prodotti finiti. Il ciclo di vita prevede perciò il recupero dell'acqua derivante dalla lavorazione del succo concentrato, la purificazione tramite micro e ultra filtrazione, un primo confezionamento, il trasporto al sito dove avviene il confezionamento finale, la spedizione ai clienti.

1.3.1. Descrizione del prodotto: le Cytofruit® Waters

Le Cytofruit® Waters sono una linea di ingredienti funzionali ottenuti da frazioni non edibili della frutta, che vengono utilizzati all'interno di prodotti cosmetici per la loro capacità di proteggere le cellule della pelle dagli stress ambientali. Si tratta di acque aromatiche ricche in oligoelementi ottenute dalla microfiltrazione dell'acqua proveniente dalla produzione di concentrato di succo di frutta, attraverso un processo di produzione completamente fisico, senza utilizzo di solventi e microonde, garantendone così l'integrità dei componenti originali e le loro attività sinergiche.

Questi ingredienti funzionali hanno diverse applicazioni, in quanto vengono utilizzati all'interno di

prodotti per la cura della pelle e del corpo (emulsioni, lozioni e gel), articoli da toeletta, make-up e profumi.

Le Cytofruit® Waters sono prodotte a partire da diverse tipologie di frutta della zona mediterranea, come il bergamotto, il mandarino verde, l'arancia rossa, la clementina, il pompelmo, il kiwi, il limone e l'arancia dolce.

Tale produzione avviene grazie ad una partnership tra l'azienda di cosmesi Roelmi Hpc ed un'azienda sita in Calabria che produce succo di frutta concentrato.

Il processo di produzione, come mostrato dallo schema in Figura 1, avviene a seguito della fase di concentrazione del succo di frutta, dove l'acqua evaporata è condensata e purificata dando così origine alle Cytofruit® Waters.

2. MATERIALI E METODI

2.1. Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

Il presente studio si è posto l'obiettivo di identificare e valutare gli impatti relativi alla filiera produttiva e logistica delle Cytofruit® Waters, per individuare le possibilità di miglioramento, così da prendere in considerazione, se necessario, eventuali alternative tecnologie o di gestione.

2.1.1. Unità funzionale, confini del sistema e metodo di allocazione

L'analisi ha come oggetto la linea di produzione delle Cytofruit® Waters riferita all'anno 2017 e l'unità funzionale scelta è un litro di prodotto.

In Figura 2 è riportato uno schema che sintetizza le fasi considerate nell'analisi: produzione delle Cytofruit® Waters presso l'azienda produttrice di concentrato di succo di frutta, produzione e trasporto del packaging per questa prima fase, trasporto delle Cytofruit® Waters dal produttore di succo concentrato a Roelmi Hpc con conseguente repackaging ed etichettatura, produzione e trasporto del packaging definitivo, distribuzione ai clienti (la produzione e il trasporto del packaging per entrambe le fasi sono stati aggregati).

I confini del sistema rispecchiano l'approccio *cradle to gate* dello studio – dall'estrazione delle materie prime alla distribuzione ai clienti – e i processi considerati sono rappresentati nella Figura 3, con flussi connessi e definiti in relazione alle attività dell'azienda Roelmi Hpc.

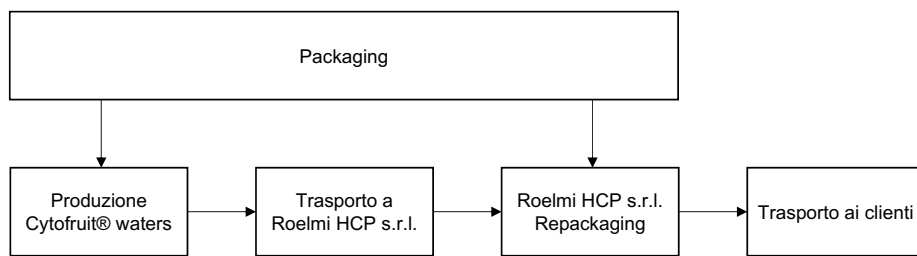


Figura 2 – Fasi principali che compongono la filiera produttiva delle Cytofruit® Waters e che rientrano nella valutazione del presente studio

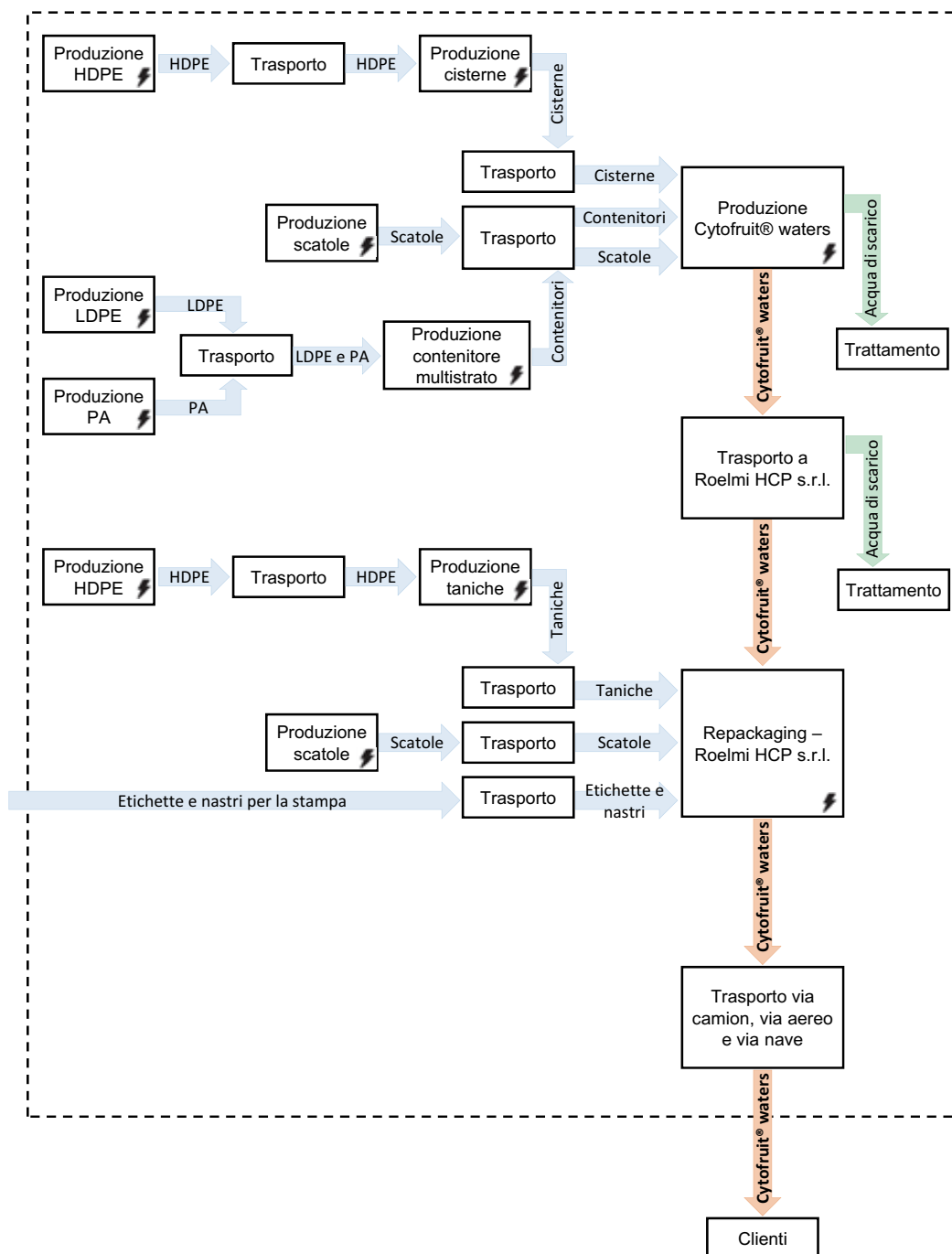


Figura 3 – Confini del sistema analizzato: processi e flussi principali. Il flusso di riferimento sono le Cytofruit® Waters, in arancio. In azzurro i flussi relativi al packaging; in verde quelli del destino delle acque di scarico. Le icone nere evidenziano l'utilizzo di energia elettrica

In particolare, i diversi passaggi della produzione riguardano i punti seguenti.

- Produzione Cytofruit® Waters. Nell'impianto di produzione di succhi, è stato considerato il processo a partire dallo step di formazione della materia prima per le Cytofruit® Waters che corrisponde all'acqua di condensa della produzione del succo concentrato, ottenuta a seguito della concentrazione del succo stesso. Tale attività viene svolta con conseguente consumo di energia elettrica e acqua per la filtrazione, l'osmosi inversa e il lavaggio degli strumenti utilizzati. Dall'impianto l'acqua aromatizzata esce in due diverse confezioni: una parte in cisterne da 1000 litri (IBC – Intermediate Bulk Container) di polietilene ad alta densità (high density polyethylene, HDPE) e una seconda parte in contenitori multistrato da 5 litri, una confezione morbida composta da polietilene lineare a bassa densità (linear low density polyethylene, LLDPE) e poliammide orientato (oriented polyamide, OPA) imballati in scatole di cartone, mentre l'acqua di scarico è inviata a un depuratore municipale.
- Trasporto delle Cytofruit® Waters dal produttore di succhi, in Calabria, all'impianto di Roelmi Hpc, situato ad Origgio (VA).
- Roelmi Hpc. Nell'impianto di Roelmi Hpc avviene il repackaging dell'acqua aromatizzata: quella precedentemente stoccata nelle cisterne IBC è trasferita in taniche di HDPE di minore volumetria (due tagli rispettivamente da 5 e 25 litri) imballate in scatole di cartone, mentre le Cytofruit® Waters confezionate nei contenitori multistrato sono inviate tal quali ai clienti. Ciascun contenitore viene infine etichettato. Questi processi richiedono il consumo di energia elettrica e di acqua per il lavaggio delle cisterne svuotate. L'acqua di scarico, analogamente all'impianto di produzione di succhi, è inviata al depuratore municipale.
- Distribuzione delle Cytofruit® Waters da Roelmi Hpc ai clienti. Il trasporto per questa fase avviene, a seconda del luogo di destinazione, via terra tramite camion, via aereo e via nave.
- Produzione del packaging. Il packaging è utilizzato per confezionare l'acqua nell'impianto di produzione del succo concentrato e nell'impianto di Roelmi Hpc. In particolare, il sistema include la produzione delle materie prime necessarie (i granulati dei polimeri e le scatole), il trasporto dei materiali agli impianti di produzione degli imballaggi (cisterne, contenitori multistrato, taniche, scatole di cartone, etichette e nastri

per la stampa), la fabbricazione del packaging a partire dalle materie prime e infine il trasporto all'impianto di produzione del succo concentrato o a Roelmi Hpc. La produzione delle etichette e dei nastri per la stampa non è inclusa nei confini del sistema per indisponibilità di dati e per il quantitativo marginale di materiale coinvolto.

Il gate dei confini è posto alla consegna delle Cytofruit® Waters ai clienti: queste acque aromatizzate sono infatti a loro volta utilizzate quali ingredienti nella produzione di cosmetici e non sono quindi un prodotto finito.

I confini sono stati individuati sulla base della filiera di Roelmi Hpc, in modo da includere i processi a valle rispetto ai cancelli aziendali descritti da dati disponibili e attendibili. Un'estensione anche ai processi per i quali non fossero presenti informazioni dirette avrebbe necessitato di ulteriori assunzioni e causato incertezze poco controllabili. Tale impostazione è risultata uno stimolo per l'azienda in termini di raccolta dati e di analisi interna; inoltre, ha permesso di focalizzarsi sulle attività dell'azienda per capire quali possano essere i margini di miglioramento per implementare nuove strategie in un'ottica di economia circolare. Dati il contesto e la complessità della filiera del settore cosmetico, questo può anche risultare un limite poiché in tal modo non si ha una visione completa dell'intera filiera fino al prodotto finito e non si può quindi sapere quale sia il peso relativo di questa parte rispetto al resto della catena.

Non essendo in possesso di informazioni specifiche in merito alla gestione del trasporto dei materiali o dei prodotti per i diversi tipi imballaggio e per l'etichettatura (cisterne, taniche, contenitori multistrato, scatole di cartone, etichette e nastri per la stampa), per i tragitti che interessano questi prodotti si è considerata l'andata a pieno carico e il ritorno a vuoto, in una prospettiva conservativa allo scopo di evitare una sottostima degli impatti. Diversamente, per il trasporto delle Cytofruit® Waters dal produttore di succo concentrato a Roelmi Hpc il fattore di utilizzo incluso nel modello è massimo poiché vi è una gestione da parte di imprese dedicate che si suppone ottimizzino gli spostamenti dei propri mezzi anche in un'ottica di logistica inversa. I trasporti ai clienti sono gestiti dai clienti stessi, numerosi e localizzati in tutto il mondo, non è stato perciò possibile reperire dati primari a riguardo e si è scelto di impostare una capacità di carico e un fattore di utilizzo medi. Inoltre, per tutti gli spostamenti via terra, si è assunto che gli automezzi considerati nei trasporti siano di

Tabella 1 – Consumi specifici di energia elettrica e di acqua associati alla produzione di un litro di Cytofruit® Waters presso l'impianto di produzione dei succhi di frutta

| Operazione | Potenza [kW] | Ore di utilizzo giornaliero [h d ⁻¹] | Consumo energetico giornaliero [kWh d ⁻¹] | Consumo energetico per litro di prodotto [kWh l ⁻¹] | Consumo di acqua per litro di prodotto [l l ⁻¹] |
|------------------|--------------|--|---|---|---|
| Condensazione | 5 | 16 | 80 | 0,013 | 0 |
| Filtrazione | 30 | 16 | 480 | 0,077 | 1,92 |
| Osmosi inversa | 25 | 16 | 400 | 0,064 | 1,12 |
| Impacchettamento | 30 | 16 | 480 | 0,077 | 0 |

categoria Euro 4, in linea con il parco veicoli circolante.

Nella parte inerente al packaging, per la produzione dei granulati di LLDPE e del OPA sono stati utilizzati come proxy i processi per la fabbricazione del polietilene a bassa densità e del poliammide riferiti al caso tedesco presenti nel database di GaBi (Thinkstep, 2018). Anche la produzione del granulato di HDPE è stata modellata utilizzando un processo già incluso nel database. Non avendo informazioni riguardanti la manifattura dei contenitori multistrato, il processo di produzione, così come le distanze coperte per il trasporto delle materie prime, sono stati ricostruiti partendo da dati di letteratura riferiti a un caso italiano inserito territorialmente nello stesso contesto del produttore presente nella filiera considerata (Siracusa, 2014). Tali dati sono stati riproporzionati in base alle quantità di materiali inclusi nell'analisi in oggetto. Si è assunto che la scatola per il contenitore multistrato provenga dallo stesso impianto che produce il contenitore stesso. Il chilometraggio relativo al trasporto dell'HDPE agli impianti di fabbricazione delle cisterne e delle taniche è stato calcolato assumendo che il granulato sia prodotto in Europa centrale, nello specifico in Germania, essendo di qualità elevata in quanto utilizzato per imballaggi ad uso alimentare.

I consumi energetici imputabili alla produzione delle Cytofruit® Waters presso il produttore del succo concentrato e a repackaging ed etichettatura presso Roelmi Hpc sono stati quantificati in termini di consumi dei singoli macchinari, poiché entrambi gli impianti non hanno come unico output di prodotto quello oggetto dell'indagine. L'unica eccezione riguarda il muletto per gli spostamenti dei prodotti all'interno di Roelmi Hpc. In tale caso, la quantità di energia consumata riferita all'unità funzionale è stata calcolata considerando i consumi annuali del mezzo allocati poi in base alla proporzione tra la quantità (in termini di massa)

di Cytofruit® Waters vendute nel 2017 e la quantità totale di prodotti venduti da Roelmi Hpc nello stesso anno.

Per i processi principali che prevedono un approvvigionamento di energia elettrica, l'input selezionato è stato quello del mix elettrico italiano, mentre per le produzioni non nazionali ma europee, come nel caso di alcuni processi relativi al packaging, la fornitura considerata è quella del mix europeo; i flussi elementari connessi a entrambi i mix sono quelli presenti nei rispettivi processi disponibili nel database.

I dati di inventario riportati nella prossima sezione (consumi energetici e idrici nei processi, distanze, quantità di materiale utilizzato) sono stati ottenuti come risposta a questionari sottoposti all'azienda o al produttore di succo concentrato che hanno fornito informazioni puntuali; tali dati risultano perciò rappresentativi e consolidati per la situazione riferita all'anno 2017. Le maggiori incertezze si riscontrano negli altri aspetti dello studio, per i quali non sono presenti dati primari e le informazioni discendono da un confronto qualitativo con l'azienda e dalle conseguenti assunzioni, descritte precedentemente: capacità di carico, fattore di utilizzo e categoria euro dei mezzi di trasporto e processi di produzione del packaging. Il modello include comunque tutti gli elementi necessari per la valutazione, con un approccio conservativo nelle situazioni in cui sono presenti dei valori incerti. Come evidenziato dall'analisi di sensitività riportata in seguito, la maggior variazione degli impatti al variare dei parametri discende da processi contenenti dati principalmente diretti. L'unica eccezione è rappresentata dal packaging, per cui i processi di produzione scelti sono quelli di database, che quindi non sono completamente rappresentativi, ma dato il tipo di tecnologia di produzione (diffusa e consolidata) si possono considerare una buona approssimazione della situazione in oggetto.

Tabella 2 – Mezzi utilizzati per il trasporto delle Cytofruit® Waters dall'impianto di Roelmi Hpc ai clienti e distanze medie percorse con ciascun mezzo

| Mezzi di trasporto | Distanza media percorsa [km] | Carico totale trasportato [kg] |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Camion | 524 | 12703 |
| Aereo | 6795 | 368 |
| Nave | 157 | 473 |

L'analisi LCA è stata effettuata tramite il software GaBi (Thinkstep, 2018) e il modello di caratterizzazione degli impatti scelto per il presente studio è CML 2001. Le categorie di impatto incluse nella valutazione sono: l'impoverimento delle risorse minerali (Abiotic depletion elements), l'impoverimento delle risorse fossili (Abiotic depletion fossil), l'acidificazione (Acidification potential), l'eutrofizzazione (Eutrophication potential), l'eco-tossicità in acqua dolce (Freshwater aquatic ecotoxicity), il riscaldamento globale (Global warming potential), la tossicità per l'uomo (Human toxicity potential), l'eco-tossicità marina (Marine aquatic ecotoxicity potential), la riduzione dello strato di ozono (Ozone layer depletion potential), l'eco-tossicità terrestre (Terrestrial ecotoxicity potential), la creazione di ozono fotochimico (Photochemical Ozone Creation Potential)

2.2. Analisi d'inventario

I dati a disposizione per lo studio si riferiscono principalmente a valori cumulativi del 2017 (la produzione annuale di Cytofruit® Waters nell'anno di riferimento ammonta a 12085 l), che sono stati quindi scalati in proporzione all'unità funzionale.

Per tutti i trasporti considerati nel modello, sia il consumo di carburante sia le emissioni associate

derivano dai dati di inventario già presenti nei processi selezionati dal database.

2.2.1. Produzione delle Cytofruit® Waters

Le operazioni coinvolte per la produzione delle Cytofruit® Waters presso l'impianto di succo concentrato sono la condensazione dell'acqua evaporata dalla produzione del succo concentrato, la filtrazione, l'osmosi inversa e l'impacchettamento all'interno delle cisterne e dei contenitori multistrato. I valori di consumo energetico e idrico sono riportati in Tabella 1.

I dati disponibili riguardano la potenza dei macchinari, il tempo di utilizzo, i consumi energetici, la quantità di acqua utilizzata.

2.2.2. Trasporto delle Cytofruit® Waters dall'impianto di produzione di succo concentrato a Roelmi Hpc

In riferimento al trasporto delle Cytofruit® Waters dall'impianto di produzione a quello di Roelmi Hpc per il 2017, nel calcolo degli impatti è stato considerato un unico viaggio a pieno carico. La distanza di trasporto è stata ricavata calcolando la percorrenza stradale tra i due impianti, che risulta pari a 1218 km. Sulla base delle informazioni fornite dall'azienda, il mezzo di trasporto utilizzato è un camion con capacità di carico di 12 tonnellate.

2.2.3. Roelmi Hpc

All'interno dell'impianto di Roelmi Hpc l'attività comprende il repackaging del prodotto contenuto nelle cisterne in contenitori di volumetria inferiore, l'utilizzo del muletto per le movimentazioni interne dei carichi, la stampa a trasferimento termico per l'etichettatura e il lavaggio delle cisterne.

Il calcolo dei consumi energetici è specifico per i singoli mezzi utilizzati e calcolato come segue.

- Il consumo annuale di energia elettrica per la fase di repackaging è stato calcolato partendo dal-

Tabella 3 – Volumetria e peso dei contenitori utilizzati, sia per contenitore sia in termini cumulativi, per le Cytofruit® Waters e distanze medie percorse per il trasporto delle materie prime e degli imballaggi finiti

| Imballaggio | Volume contenuto [l] | Peso di ciascun contenitore [kg] | Peso totale dei contenitori utilizzati per la produzione dell'anno 2017 [kg] | Distanza media percorsa per il trasporto delle materie prime o semilavorate [km] | Distanza media percorsa per il trasporto dell'imballaggio finito all'impianto di confezionamento [km] |
|-------------------------|----------------------|----------------------------------|--|--|---|
| Cisterne | 1000 | 51 | 494 | 1500 | 200 |
| Contenitori multistrato | 5 | 0,043 | 20,7 | 1200 | 1250 |
| Taniche | 5 o 25 | 0,314 o 1,3 | 507 | 850 | 54 |

Tabella 4 – Categorie di impatto considerate e impatti assoluti

| Categorie d'impatto (CML 2001) | Unità | Valore assoluto dell'impatto |
|--------------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Impoverimento delle risorse minerali | [kg Sb eq.] | 1,35E-07 |
| Impoverimento delle risorse fossili | [MJ] | 1,17E+01 |
| Acidificazione | [kg SO ₂ eq.] | 1,56E-03 |
| Eutrofizzazione | [kg Phosphate eq.] | 3,22E-04 |
| Eco-tossicità in acqua dolce | [kg DCB eq.] | 3,80E-03 |
| Riscaldamento globale | [kg CO ₂ eq.] | 5,76E-01 |
| Tossicità per l'uomo | [kg DCB eq.] | 3,52E-02 |
| Eco-tossicità marina | [kg DCB eq.] | 2,32E+01 |
| Riduzione dello strato di ozono | [kg R11 eq.] | 8,70E-15 |
| Eco-tossicità terrestre | [kg DCB eq.] | 7,04E-04 |
| Formazione fotochimica di ozono | [kg Ethene eq.] | -1,14E-04 |

la potenza del mezzo adibito, 0,15 kW. Il tempo per il repackaging del contenuto di una cisterna da 1000 litri è pari a circa 2 ore, con un conseguente consumo di 0,3 kWh. Pertanto, data la quantità annuale di Cytofruit® Waters trasportata in cisterna nel 2017, pari a 9685 l, il consumo energetico annuale corrisponde a 2,91 kWh, che riscalato sull'unità funzionale diventa 0,00024 kWh l⁻¹.

- Il consumo annuale di energia elettrica associato all'utilizzo del muletto elettrico è stato dedotto in modo analogo al punto precedente. La potenza del mezzo è 8 kW, il tempo di ricarica del mezzo 12 ore e la ricarica viene effettuata una volta a settimana, per un totale di 50 settimane/anno. Di conseguenza, si ha un consumo energetico settimanale di 96 kWh, e annuale 4800 kWh. In riferimento all'unità funzionale, considerando la quantità di Cytofruit® Waters vendute in un anno rispetto alle vendite totali come descritto nel paragrafo 2.1.1, si ottiene un valore pari a 0,007 kWh kg⁻¹.
- Il calcolo del consumo annuale di energia elettrica associato all'utilizzo della stampante a trasferimento termico nella fase di etichettatura ricalca nuovamente il processo sopra descritto, poiché la stampante ha una potenza di 0,16 kW e il tempo richiesto per la stampa di 500 etichette è di circa 5 ore. Dato che nel 2017 sono state stampate 951 etichette per le Cytofruit® Waters, il consumo annuale è stato pari a 1,6 kWh, con un consumo per unità funzionale di 0,00013 kWh l⁻¹.

Il calcolo del consumo idrico si riferisce al lavaggio delle cisterne che avviene dopo il repackaging. Il numero totale di cisterne utilizzate nel 2017 è stato calcolato considerando la quantità to-

tale di Cytofruit® Waters trasportata in questi contenitori, ottenendo una richiesta d'acqua annuale pari 2421 l, con un consumo per unità funzionale di 0,2 l.

2.2.4. Trasporto delle Cytofruit® Waters da Roelmi Hpc ai clienti

In riferimento al trasporto delle Cytofruit® Waters dall'impianto Roelmi Hpc ai clienti, esso avviene via terra, via aerea e via mare. La Tabella 2 riporta le distanze medie percorse e il carico totale trasportato, che include il peso del prodotto e del packaging associato.

Per quanto riguarda le tipologie di mezzi utilizzate, sulla base delle informazioni fornite dall'azienda, è stato scelto un camion da 17,3 t, un aereo cargo con capacità di carico di 65 t e un'imbarcazione con capacità di carico da 1100 t.

2.2.5. Produzione del packaging

Lo stoccaggio e il trasporto delle Cytofruit® Waters prevedono l'utilizzo di diversi tipi di imballaggio – le cisterne e i contenitori multistrato presso l'impianto di produzione del succo concentrato e le taniche e le etichette presso Roelmi Hpc, come spiegato nel paragrafo 2.1.1 – a cui si aggiungono le etichette e i nastri per la stampa. In Tabella 3 sono raggruppati i valori di capacità volumetrica e le distanze coperte nei vari trasporti per i diversi tipi di contenitori delle Cytofruit® Waters.

I processi selezionati per la produzione delle cisterne e delle taniche partendo dai granuli di polimero corrispondono alla tecnica di soffiaggio (*blow moulding*), che rappresenta quella più adatta per la fabbricazione di contenitori cavi. Diversamente, la produzione del contenitore multistrato, è stata modellata includendo come processo quel-

lo dell'estrusione, sia per la creazione degli strati, sia per l'assemblaggio degli stessi (Siracusa, 2015). La capacità di carico per i mezzi considerati varia in base al tragitto e ai dati disponibili da 1 t (trasporto delle etichette e dei nastri) a 27 t per il trasporto dei granulati di HDPE.

2.3. Scenario alternativo

A seguito dell'analisi del ciclo di vita è stato possibile proporre la definizione di uno scenario alternativo. Tale scenario deriva dall'ipotesi di mettere in atto il processo di impacchettamento finale direttamente presso l'impianto di produzione del succo concentrato in Calabria ovvero eliminando la fase di trasporto presso la sede di Roelmi Hpc e contestualmente l'uso delle cisterne. Tale implementazione implicherebbe esclusivamente il confezionamento delle Citofruit® Waters in taniche (da 5 o 25 l) o contenitori multistrato da inviare direttamente ai clienti. Si è quindi effettuata una valutazione in cui non fosse presente il processo di produzione, trasporto e poi utilizzo delle cisterne. Tale scenario prevede quindi un azzeramento del quantitativo di cisterne necessario e una riduzione dei consumi di acqua e energia presso Roelmi Hpc. La distanza coperta per il trasporto dalla Calabria è stata lasciata invariata poiché la maggior parte dei clienti finali sono localizzati nell'Europa continentale o in USA e Asia. Questa impostazione logistica impone che i trasporti verso l'Eu-

ropa passino necessariamente per il Nord Italia, dove è ubicata Roelmi Hpc; quando il prodotto è trasportato verso un aeroporto e poi inviato a destinazione, le distanze percorse non variano sensibilmente rispetto allo scenario tradizionale tra inviarlo da Roelmi Hpc a un aeroporto del Nord Italia piuttosto che inviarlo dall'impianto di produzione di succo concentrato a un aeroporto del Sud Italia.

3. RISULTATI E DISCUSSIONE

I carichi ambientali risultato dell'analisi LCA sulla produzione di un litro di Citofruit® Water all'interno dell'attuale filiera di Roelmi Hpc sono riportati in Tabella 4.

Per permettere un confronto tra le diverse fasi considerate nel processo di produzione e individuare quelle a cui sono imputabili gli impatti più rilevanti, è stata effettuata una rappresentazione in Figura 4.

Vi sono diverse categorie d'impatto in cui il peso maggiore è ricoperto dalla produzione e dal trasporto del packaging. In particolare, tale contributo rappresenta il 61% per l'*Impoverimento delle risorse fossili*, il 54% per l'*Eco-tossicità in acqua dolce*, il 55% per la *Tossicità per l'uomo* e il 47% per l'*Eco-tossicità marina*.

Il totale dei processi relativi ai prodotti per il confezionamento non rappresenta la principale causa di impatto nelle categorie di *Acidificazione*, *Eutrofizzazione* e *Eco-tossicità terrestre*, sulle quali influisce maggiormente il trasporto ai clienti.

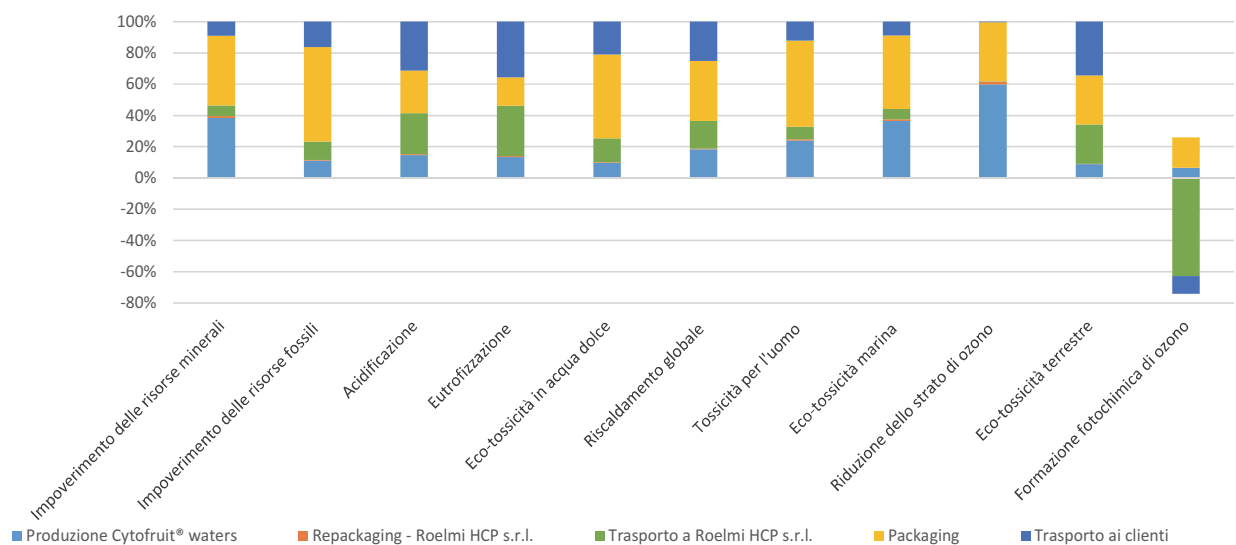


Figura 4 – Analisi degli impatti ambientali associati alla produzione delle Citofruit® Waters suddivisi per fase del processo produttivo

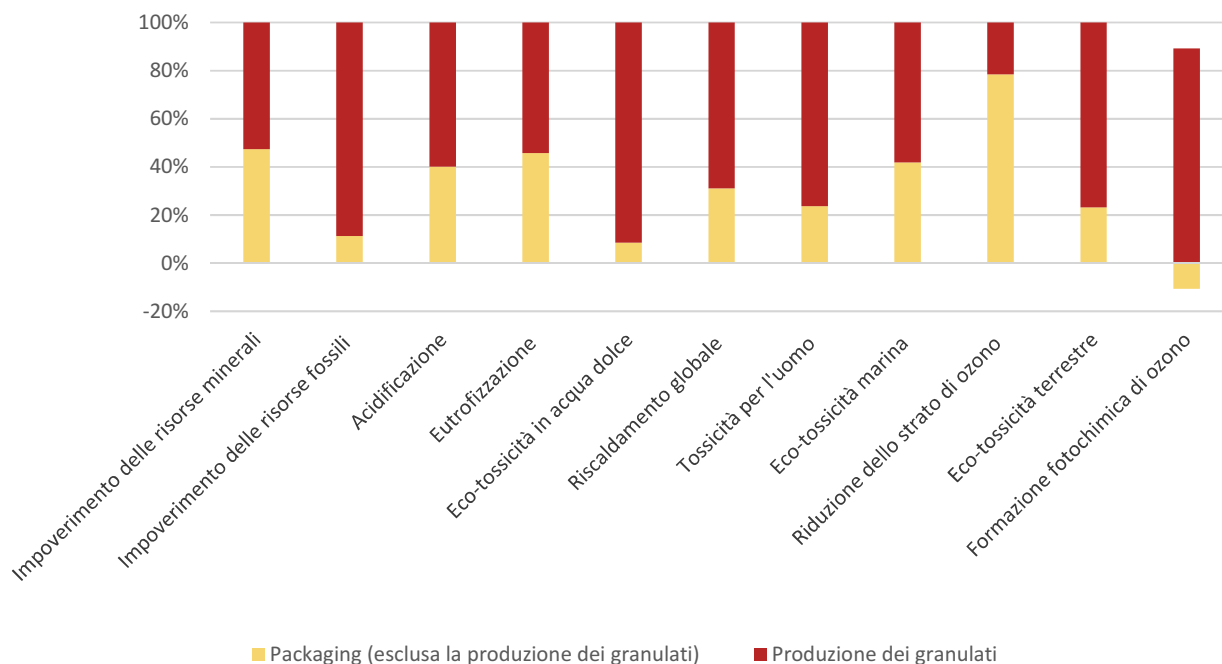


Figura 5 – Impatti relativi alla fabbricazione e al trasporto del packaging con la distinzione tra quelli imputabili alla produzione dei granulati e alle altre fasi della filiera

Il contributo più alto alla riduzione dello strato di ozono proviene invece dalla fase di produzione delle Cytofruit® Waters presso l'impianto per il succo concentrato, attribuibile al consumo di energia elettrica associato.

La figura mostra inoltre che la parte riguardante Roelmi Hpc sostanzialmente risulta trascurabile rispetto al resto, poiché sia i consumi di energia sia quelli di acqua, da cui discendono gli impatti, sono significativamente minori di quelli associati ai processi di produzione delle Cytofruit® Water presso il produttore di succo concentrato.

La categoria che riguarda la *Formazione fotochimica dell'ozono* presenta un valore negativo poiché nel metodo di calcolo CML 2001 la generazione di monossido di azoto, la cui fonte principale nel sistema analizzato sono le emissioni causate dai mezzi di trasporto, implica un beneficio ambientale in termini di riduzione dell'ozono troposferico (Lizasoain-Arteaga, 2019).

Se si entra nel merito delle diverse fasi prese in esame, i risultati ottenuti mostrano come nell'impianto di produzione delle Cytofruit® Waters presso il produttore di succo concentrato e nell'impianto di Roelmi Hpc il consumo di energia elettrica sia responsabile della quasi totalità degli impatti. Le uniche categorie in cui pesa anche il trattamento delle acque di scarico sono *Eutrofizzazione* ed *Eco-tossicità d'acqua dolce*, con un contributo che varia dal 40% al 45% nel caso dell'im-

pianto del succo concentrato e dal 55% al 60% nel caso di Roelmi Hpc.

Gli impatti legati alla distribuzione ai clienti sono imputabili principalmente al trasporto aereo, che pesano tra il 65% e il 75%. L'unica eccezione è rappresentata dalla categoria di *Formazione fotochimica dell'ozono*, nella quale il maggior contributo, che si esprime in termini di riduzione degli impatti, proviene dal trasporto su gomma.

Nel caso del packaging, la Figura 5 mostra come la maggior parte degli impatti legati alla fabbricazione e al trasporto degli imballaggi sia dovuta alla produzione dei granulati vergini dei materiali utilizzati. Nella categoria *Riduzione dello strato di ozono* tale evidenza non è presente perché gli impatti sono imputabili principalmente al consumo di energia nel *blow moulding* per la fabbricazione degli imballaggi.

3.1. Analisi di sensitività e scenario alternativo

Per valutare se l'ipotesi descritta nella sezione 2.3 possa essere efficace e apportare dei benefici rilevanti al sistema in termini di riduzione degli impatti, è stata effettuata un'analisi di sensitività per individuare i parametri che, se variati, possono avere più influenza sulle performance ambientali del prodotto. Tale analisi ha dimostrato che le variabili più significative sono risultate il consumo di energia elettrica presso il

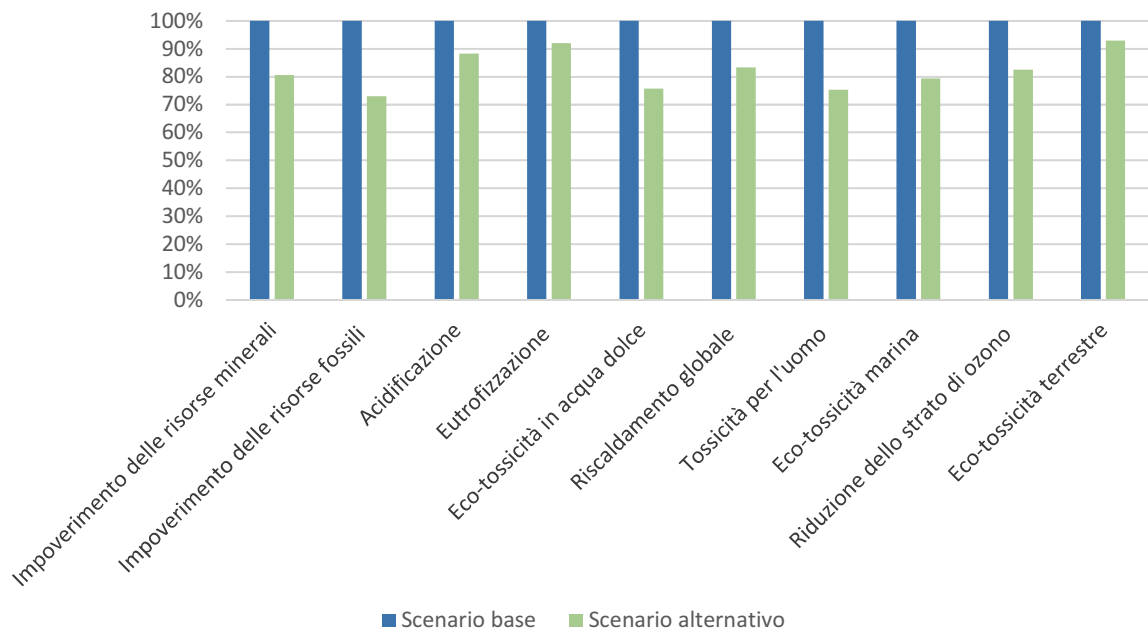


Figura 6 – Comparazione tra la situazione base di partenza e quella prevista dallo scenario alternativo

produttore di succo concentrato per la produzione delle Cytofruit® Waters, la produzione delle cisterne, la produzione delle taniche, il trasporto via camion dal produttore di succo a Roelmi Hpc e il trasporto via aereo ai clienti. Da ciò discende che il contributo dato dalla produzione delle cisterne rappresenta effettivamente un aspetto consistente e che la soluzione prospettata in merito allo spostamento del confezionamento finale direttamente presso il produttore di succo concentrato possa garantire un miglioramento delle performance ambientali. In Figura 6 è presente la comparazione tra la situazione base di partenza e quella prevista dallo scenario alternativo.

La potenziale riduzione degli impatti varia dal 7% nel caso della categoria *Eco-tossicità terrestre* al 27% per l'*Impoverimento delle risorse fossili*, escludendo la categoria *Formazione fotochimica dell'ozono* (non riportata in figura) in quanto vi è un aumento dell'impatto causato dall'assenza dei trasporti relativi alla produzione delle cisterne, in linea con quanto sottolineato nel paragrafo precedente. Le categorie in cui si ha un miglioramento più significativo sono: *Impoverimento delle risorse fossili*, *Eco-tossicità in acqua dolce* e *Tossicità per l'uomo*. Tali categorie sono anche quelle in cui gli impatti maggiori causati dalla fabbricazione delle cisterne sono relativi alla produzione del granulato di HDPE, che, come visto in precedenza, ha un peso rilevante nel contributo agli impatti.

4. CONCLUSIONI

Il comparto della bioeconomia circolare è in fase di forte espansione per merito dei suoi obiettivi di produzione sostenibile ed uso efficiente delle risorse. Anche l'industria cosmetica sta cercando di promuovere un'eco-innovazione che permetta l'uso di sottoprodotti o scarti di processi appartenenti a diversi settori. Il presunto beneficio ambientale che deriva da questo tipo di approccio deve però essere verificato: l'approccio del Life Cycle Assessment assicura la possibilità di misurare la reale sostenibilità di una filiera basata su un sottoprodotto o uno scarto tramite un'analisi volta a quantificare le performance ambientali e le potenzialità di miglioramento in termini di riduzione degli impatti.

Nel caso studio presentato la metodologia LCA ha permesso quindi di valutare la filiera di produzione delle Cytofruit® Waters, acque aromatizzate sviluppate dall'azienda Roelmi Hpc e utilizzate in cosmesi che derivano dalla lavorazione del succo di agrumi concentrato. L'analisi ha quindi coinvolto le diverse fasi della filiera connessa al prodotto oggetto dell'indagine, dalla produzione delle Cytofruit® Waters alla distribuzione ai clienti.

Il Life Cycle Assessment si è dimostrato un valido strumento metodologico per valutare gli impatti ambientali nell'intera filiera del prodotto e dare all'azienda consapevolezza dei vari passaggi in un'ottica di responsabilità ambientale. In particolare, lo studio ha evidenziato gli impatti principali legati al packaging a causa dell'utilizzo di mate-

riali polimerici vergini, al sistema di trasporti e ai consumi energetici.

Allo stesso tempo, l'utilizzo di tale metodologia ha consentito di ipotizzare uno scenario di filiera alternativo che preveda una riduzione dell'impiego degli imballaggi finalizzato a fornire all'azienda la base per attivare un progetto di miglioramento della sostenibilità, che possa portare un aumento nell'efficienza del sistema, riducendo gli sprechi in termini di materie ed energia ed al contempo anche un potenziale vantaggio economico.

L'azienda ha comunicato che i risultati ottenuti e lo scenario alternativo proposto saranno presi in considerazione per una riprogettazione della filiera nonché in attività di comunicazioni e marketing verso tutti gli stakeholders coinvolti a monte e a valle.

In conclusione, si può sottolineare l'utilità dell'approccio del Life Cycle Thinking per analizzare e misurare i benefici del riutilizzo di sottoprodotti e scarti in un'ottica di bioeconomia circolare. Parallelamente, la valutazione suggerisce come l'economia possa essere realmente definita circolare esclusivamente in un'ottica di eco-design dove fin dalla progettazione dell'intera catena del valore del prodotto ci si indirizzi verso una minimizzazione gli impatti ambientali.

5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Campanini L., Fumagalli S., Giusti S., Stoppani L., Trenti S. (Direzione Studi e Ricerche di Intesa Sanpaolo), Capasso S., Casolaro A. (SRM). (2019). La Bioeconomia in Europa, 5° Rapporto. Intesa Sanpaolo – Direzione Studi e Ricerche.
- Cosmetics Europe, Risk & Policy Analysts Ltd (RPA). (2018). Socio-Economic Contribution of the European Cosmetics Industry; <https://www.cosmeticseurope.eu/>
- Crenna E., Sozzo S., Sala S. (2018). Natural biotic resources in LCA: Towards an impact assessment model for sustainable supply chain management; *Journal of cleaner production*; 172, 3669-3684.
- Crutzen P. (2002). "Geology of mankind." *Nature* 415, 23.
- D'Amato D., Droste N., Allen B., Kettunen M., Lähtinen K., Korhonen J., Leskinen P., Matthies B.D. & Toppinen A. (2017). Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues; *Journal of Cleaner Production*; 168, 716-734.
- European Commission. (2012). Communication from the Commission – Innovating for Sustainable Growth: a Bioeconomy for Europe.
- Lizasoain-Arteaga E., Indacochea-Vega I., Pascual-Munoz P., Castro-Fresno D. (2019) Environmental impact assessment of induction-heated asphalt mixtures. *Journal of Cleaner Production* vol (208): 1546-1556.
- Martinez S., Bessou C., Hure L., Guilbot J. & Helias A. (2017). The impact of palm oil feedstock within the LCA

of a bio-sourced cosmetic cream; *Journal of cleaner production*; 145, 348-360.

- McCormick K., Kautto N. (2013). The bioeconomy in Europe: An overview; *Sustainability*; 5(6), 2589-2608.
- Muñoz I., Gómez M.J., Molina-Díaz A., Huijbregts M.A.J., Fernández-Alba A.R., García-Calvo E. (2008). Ranking potential impacts of priority and emerging pollutants in urban wastewater through life cycle impact assessment; *Chemosphere*; 74, 37 e 44.
- Rockström J., Steffen W., Noone K., Persson Å., Chapin F.S. III, Lambin E., Lenton T.M., Scheffer M., Folke C., Schellnhuber H.J., Nykvist B., de Wit C.A., T. Hughes, van der Leeuw S., Rodhe H., Sörlin S., Snyder P.K., Costanza R., Svedin U., Falkenmark M., Karlberg L., Corell R.W., Fabry V.J., Hansen J., Walker B., Liverman D., Richardson K., Crutzen P., Foley J. (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecol. Soc.* 14, 32.
- Sahota A. (2014). Sustainability: how the cosmetics industry is greening up; John Wiley & Sons.
- Secchi M., Castellani V., Collina E., Mirabella N., Sala S. (2016). Assessing eco-innovations in green chemistry: Life Cycle Assessment (LCA) of a cosmetic product with a bio-based ingredient; *Journal of cleaner production*; 129, 269-281.
- Siracusa V., Ingraio C., Lo Giudice A., Mbohwa C., Dalla Rosa M. (2014). Environmental assessment of a multilayer polymer bag for food packaging and preservation: An LCA approach. *Food Research International*, vol 62: 151-161.
- Stahel W.R. (2016). The circular economy; *Nature News*; 531(7595), 435.
- Steffen W., Richardson K., Rockström J., Cornell S.E., Fetzer I., Bennett E.M., Biggs R., Carpenter S.R., de Vries W., de Wit C.A., Folke C., Gerten D., Heinke J., Mace G.M., Persson L.M., Ramanathan V., Reyers B., Sörlin S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347: 736, 1259855.
- Thinkstep A.G., 2018. GaBi Database for Life Cycle Engineering in GaBi software System.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (UNDESA). (2015). World Population Prospects: the 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP.241.
- United Nations General Assembly. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, Resolution adopted by the General Assembly. A/RES/70/1. UN.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro fa parte del percorso di Biocirce – Bioeconomy in the circular economy, master interuniversitario di II livello attivato dal Dipartimento di Biotecnologie e Bioscienze dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca, congiuntamente a Università degli Studi di Napoli "Federico II", Università degli Studi di Torino e Università degli Studi di Bologna. Biocirce ha l'obiettivo di far incontrare aziende attive nella bioeconomia circolare con figure professionali nei settori della economia che si basano su un uso responsabile e sostenibile di risorse biologiche e di processi biotecnologici.

CIRCULAR ECONOMY VS END OF WASTE: QUANDO LA MANCANZA DI REGOLE LIMITA L'INNOVAZIONE

Anna Mazzi^{1*}, Chiara Zampiero¹

* Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria Industriale, SAM-lab.

Sommario – La scarsità di risorse e il continuo aumento dei rifiuti prodotti rappresentano oggi i problemi ambientali più urgenti, a cui risponde il modello dell'economia circolare. Anche il mercato comprende i vantaggi associati alla riduzione dei rifiuti e alla valorizzazione del materiale recuperato e un numero sempre maggiore di imprese investe in questa tematica. Chiaramente, le possibilità di recupero, riuso e riciclo devono essere opportunamente regolamentate, per assicurare condizioni sicure e salubri a lavoratori e consumatori. Di contro, però, la mancanza di regole chiare per la gestione dei materiali a fine vita potenzialmente recuperabili rallenta il raggiungimento degli obiettivi di miglioramento ambientale. Adottando il punto di vista delle imprese, questo articolo contribuisce ad arricchire la discussione proponendo come caso studio l'esperienza di un'azienda italiana impegnata nella riduzione degli impatti ambientali per uno dei suoi prodotti, un componente termoidraulico ad uso domestico. Con l'obiettivo di individuare gli elementi del prodotto che determinano il maggiore carico ambientale, l'azienda ha condotto una analisi di ciclo di vita seguendo una metodologia Life Cycle Assessment semplificata. I risultati di questa analisi hanno evidenziato le grandi potenzialità di miglioramento associate al recupero del prodotto a fine vita e del riciclo dei materiali che lo compongono. I progetti di innovazione dell'azienda, però, devono fare i conti con l'assenza di disposizioni End of Waste ; la mancanza di regolamentazione sui criteri per il riciclo in sicurezza dei materiali consegna all'impresa un'eccessiva incertezza sull'effettiva fattibilità del recupero del prodotto a fine vita. L'articolo testimonia come l'approccio di ciclo di vita coniugato con l'obiettivo di economia circolare possa essere volano per sviluppare nuovi progetti imprenditoriali. Di contro, la mancanza di regole nel mercato dell'End of Waste possa diventare un ostacolo per le imprese.

Parole chiave: componente termoidraulico, fine vita, recupero e riciclo, economia circolare, approccio di ciclo di vita.

CIRCULAR ECONOMY VS END OF WASTE: WHEN THE LACK OF RULES LIMITS INNOVATION

Abstract – The circular economy approach adopted by the European Union in recent years provides for the reintegration of end-of-life products into production cycles, with a dual objective: on the one hand to reduce the amount of waste, on the other preserve natural resources. This new perspective allows benefits to

the environment but also to companies, which through the processes of recovery and recycling achieve economic savings in the supply of raw materials. Clearly, the reintroduction of waste in production cycle as secondary raw materials must be properly regulated, to protect health and safety in line with the prevention and precaution principles: the End of Waste regulations define the minimum quality and safety standards to be respected to allow product recycling. This paper observes the topic of circular economy by adopting the business point of view and proves, through an Italian case study, how the objective of enhancing end-of-life products can be a real business opportunity only if there are clear rules for the End of Waste. The experience treated in this article concerns an Italian company leader in the design and production of thermo-hydraulic components. The analyzed product is composed of two parts: the body of the steel tank and the internal rubber membrane; to these junction and support elements are added. With the aim of identifying the environmental relevance of its product, the company conducted a life cycle analysis through a Life Cycle Inventory study, as simplified Life Cycle Assessment methodology. The functional unit chosen corresponds to an expansion vessel for domestic use intended as a finished product that can be installed by the user. The objective was to identify the phases of product life cycle with greater environmental responsibility, to guide the top management of company in the definition of more effective environmental improvement interventions, to be considered for subsequent feasibility assessments. The boundaries of the product system were chosen by including in the study only the phases with respect to which the company has a certain degree of control and can intervene directly, making the organizational, operational and logistic changes necessary for the reduction of environmental impacts. For the phases included in the study, the data necessary to quantify in and out flows of product system were collected. The data and information, obtained from the life cycle analysis were discussed by the company management, and led to identify numerous opportunities for environmental improvement, including a more efficient management of the resources used in production processes and internal logistics, the choice of suppliers and the sales network, and the collection and recovery of processing waste. Mostly, the results of Life Cycle Inventory have highlighted the great potential for improvement associated with the recovery of the product at the end of life and the recycling of components. The new activities that the company should implement to obtain product recovery at the end of its life are: recovery of discarded products in collaboration with installation technicians and end users, dismantling and recovery of steel and rubber, reuse of recovered material to make the same product or to make other prod-

* Per contatti: Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria Industriale, SAM-lab, via Francesco Marzolo n. 9, 35131 – Padova. E-mail: anna.mazzi@unipd.it, Tel. 0498271611, Fax 0498275785.

ucts with different characteristics, and resale to third parties of the recovered material. However, the company's innovation projects come up against the absence of End of Waste rules; the lack of clear criteria for the safe recycling of materials gives the company an excessive uncertainty on the actual feasibility of recovering the product at the end of its life. The paper demonstrates how the life cycle approach combined with the objective of circular economy can be a driving force to develop new business projects. On the other hand, the lack of rules in the End of Waste market can become an obstacle for companies.

Keywords: *thermo-hydraulic component, end of life, recovery and recycle, circular economy, life cycle approach.*

Ricevuto il 28-3-2019. Modifiche sostanziali richieste il 17-6-2019. Accettazione il 3-7-2019.

1. INTRODUZIONE

L'approccio dell'economia circolare adottato dall'Unione Europea negli ultimi anni prevede il reinserimento dei prodotti giunti a fine vita all'interno dei cicli produttivi, con un duplice obiettivo: da una parte ridurre la quantità di rifiuti da smaltire, dall'altra preservare le risorse naturali (Commissione Europea, 2015). Così, il rifiuto non è più un problema di cui doversi disfare, ma rappresenta una potenziale ricchezza in quanto può diventare nuovo materiale da recuperare e reimmettere nel ciclo produttivo. Questa nuova prospettiva consente dei benefici non soltanto all'ambiente, ma anche alle aziende, che mediante i processi di recuperi e riciclo ottengono un risparmio economico nell'approvvigionamento di materia prima (Direttiva 2008/98/CE). In seno a questa direttiva viene coniato il termine End of Waste (EoW): esso rappresenta un rifiuto che, sottoposto ad un adeguato procedimento di recupero, incluso il riciclaggio e la preparazione per il riutilizzo, cessa di essere tale e diviene un prodotto sia sotto l'aspetto merceologico che sotto l'aspetto giuridico (Direttiva 2008/98/CE).

Chiaramente, la reintroduzione dei rifiuti nel ciclo produttivo come materie prime secondarie va opportunamente regolamentata, per tutelare la salute e sicurezza di uomo e ambiente, in linea con i principi di prevenzione e precauzione fondamentali nella politica europea. In questo senso, i regolamenti per l'EoW, definendo gli standard minimi di qualità e sicurezza da rispettare per consentire il riciclo dei prodotti, rappresentano il quadro di riferimento per lo sviluppo di innovazioni tecnologiche e gestionali per molte aziende che in questo nuovo mercato vedono importanti opportunità di business. Il recupero dell'EoW include la preparazione per il riutilizzo, il riciclaggio e l'uso dei ri-

fiuti come combustibile o come altro mezzo per produrre energia (Direttiva 2008/98/CE). Vi sono tuttavia ingenti quantità di flussi di rifiuti candidabili come EoW che ad oggi sono ancora prive di regolamenti (Fabris e Mazzi, 2018).

Questo articolo osserva il tema dell'economia circolare adottando il punto di vista delle imprese e sperimenta, mediante un caso di studio specifico, come l'obiettivo di valorizzare i prodotti a fine vita possa essere una reale opportunità di business solo in presenza di regole chiare per l'EoW. Focus dell'articolo è l'esperienza di un'azienda italiana leader nel settore della progettazione, produzione ed installazione di vasi di espansione come componenti idraulici nelle caldaie. Con l'obiettivo di comprendere quali attività produttive hanno le maggiori responsabilità ambientali, l'azienda ha condotto una analisi dei contributi ambientali del proprio prodotto lungo il suo ciclo di vita ed ha individuato nella fase di fine vita le più promettenti opportunità di miglioramento ambientale; di qui ha ipotizzato possibili soluzioni innovative per il recupero a fine vita dei materiali che compongono il prodotto, sulla base delle effettive possibilità di recupero concesse dal quadro normativo dell'EoW. Il caso studio conduce quindi a riflettere sulle effettive possibilità per l'azienda di intervenire con azioni a favore dell'economia circolare in mancanza di regolamenti EoW esaustivi e mette in luce come l'incertezza sulle effettive possibilità di recupero dei materiali a fine vita diventi un freno per l'innovazione di prodotti e processi a livello industriale.

L'articolo è strutturato come segue. Nel secondo paragrafo viene descritto il prodotto in questione e viene presentata la metodologia seguita per l'analisi dei contributi ambientali del prodotto. Il terzo paragrafo riassume i principali risultati dello studio e le innovazioni ipotizzate dall'azienda per conseguire il recupero dei materiali. Il quarto paragrafo discute l'effettiva fattibilità delle innovazioni ipotizzate, mettendone in luce pro e contro per l'azienda. Il paragrafo conclusivo sottolinea gli insegnamenti tratti dal caso studio considerato e le questioni che rimangono da indagare, come ulteriori prospettive di sviluppo di questa tematica.

2. MATERIALI E METODI

2.1. Presentazione del prodotto

Lo studio si riferisce ad un componente termoidraulico, che si compone principalmente di due parti: il corpo del serbatoio in acciaio e la mem-



Figura 1 – Componenti del prodotto: corpo del serbatoio in acciaio e membrana interna in gomma

brana interna in gomma. A queste si aggiungono elementi di giunzione ed appoggio.

La Figura 1 raffigura i due elementi principali che compongono il prodotto in esame.

Il processo produttivo ha inizio con lo stampaggio dell'acciaio, che è la materia prima alla base del prodotto: in azienda sono presenti delle linee automatizzate che servono a stampare e sagomare i semigusci che vengono poi uniti e saldati. Questa parte va a costituire l'involucro esterno in cui viene inserita la membrana in gomma. Dopo lo stampaggio, il corpo del serbatoio deve essere completato con altre componenti come i piedi, le basi di supporto e le staffette per la movimentazione: queste parti vengono realizzate in un'altra linea produttiva e poi vengono saldate al serbatoio. La membrana in gomma è la componente principale del prodotto: essa viene progettata, stampata e controllata secondo standard qualitativi molto elevati per assicurare ottime prestazioni in fase d'uso. L'ultimo processo è la verniciatura: in azienda sono presenti diverse cabine di verniciatura automatizzate che garantiscono la rapidità del processo. Infine, il prodotto viene incastolato ed imballato, sempre attraverso fasi automatizzate, per essere distribuito sulla rete di vendita.

Le attività produttive descritte si svolgono in due sedi: la sede principale ospita la direzione, i laboratori di ricerca e sviluppo, l'attrezzatura, gli uffici e un primo reparto di produzione; nella seconda sede vi sono un secondo reparto produzione, i servizi di logistica interna, gli acquisti, il magazzino dei materiali in ingresso e il magazzino di spedizione dei prodotti finiti.

2.2. Analisi dei contributi ambientali del prodotto

Nel corso del 2018 l'azienda ha intrapreso un progetto volto ad analizzare i contributi ambientali associati al ciclo di vita del prodotto. Per fare questo, sono stati adottati come modello di riferimento gli standard ISO 14040 (UNI EN ISO, 2006/a) e ISO 14044 (UNI EN ISO, 2006/b), che dettano i requisiti e le linee guida per la conduzione di uno studio di Life Cycle Assessment (LCA). Intenzione dell'azienda non era di sviluppare uno studio di LCA

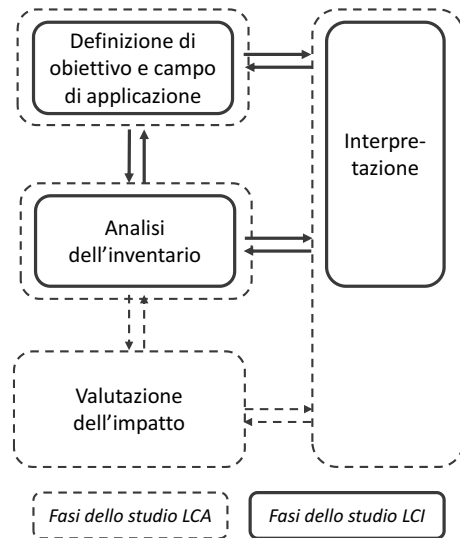


Figura 2 – Fasi di uno studio LCI rispetto alle fasi di uno studio LCA

completo, ma piuttosto di conoscere con maggior dettaglio i fattori che maggiormente contribuiscono al consumo di risorse ed energia nella produzione del prodotto. Per questo, si è optato per la conduzione di uno studio di Life Cycle Inventory (LCI). Come schematizzato in Figura 2, rispetto al tradizionale studio di LCA, in un LCI le fasi che vengono condotte sono la fase 1 di definizione degli obiettivi e del campo di applicazione dello studio, la fase 2 di analisi dell'inventario, e la fase 4 di interpretazione dei risultati. Rispetto ad un LCA completo, in uno studio LCI non viene quindi svolta la fase 3 di valutazione degli impatti, ovvero non avviene la caratterizzazione degli impatti ambientali. La scelta di adottare la metodologia LCA senza l'obiettivo di ottenere una vera e propria valutazione degli impatti è supportata dalla stessa norma ISO 14040, che propone appunto il LCI forma semplificata di LCA (UNI EN ISO, 2006/a, § 4.2.2). Come sottolinea la stessa ISO 14040, l'analisi LCI può avere scopi conoscitivi e di miglioramento dei processi produttivi. Essa è generalmente utilizzata nelle valutazioni interne a supporto di progetti di ricerca e sviluppo o di efficientamento energetico, mentre non può avere obiettivi di comunicazione con l'esterno. Con riferimento al caso studio in esame, la scelta di condurre uno studio LCI è metodologicamente giustificata, dal momento che l'azienda intende analizzare i contributi ambientali associati al ciclo di vita del prodotto, senza voler attribuire impatti ambientali a tali contributi. Inoltre, nelle finalità dell'azienda, l'analisi ambientale relativa al prodotto ha lo scopo di individuare possibili sviluppi innovativi nei processi produttivi e logistico-distributivi e intende considerare l'intero ciclo di vita del prodotto.

2.3. Obiettivo e campo di applicazione dello studio

Per condurre lo studio di LCI, è necessario stabilire chiaramente il prodotto oggetto dell'analisi, gli obiettivi dello studio e il livello di estensione (UNI EN ISO, 2006/b, § 4.2).

L'unità funzionale di riferimento che è stata scelta corrisponde ad un vaso di espansione per un uso domestico inteso come prodotto finito installabile presso l'utilizzatore.

L'obiettivo è stato esplicitato come segue: individuare le fasi del ciclo di vita del prodotto che hanno una maggiore responsabilità ambientale, al fine di guidare la direzione aziendale nella definizione di interventi di miglioramento ambientale maggiormente efficaci, da considerare poi per successive valutazioni di fattibilità tecnica e di opportunità economico-finanziaria.

I confini del sistema di prodotto sono stati scelti includendo nello studio soltanto le fasi rispetto alle quali l'azienda ha un certo grado di controllo e può intervenire in maniera diretta, apportando le modifiche organizzative, operative e logistiche opportune alla riduzione degli impatti ambientali. Per far questo, sono state inizialmente individuate tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto e sono state distinte in tre gruppi, in funzione della loro posizione rispetto alle attività dell'azienda:

- A. questo gruppo include le fasi del ciclo di vita del prodotto che si svolgono a monte dell'attività dell'azienda, e corrispondono alla preparazione di materie prime e semilavorati;
- B. questo gruppo rappresenta le attività svolte attualmente dall'azienda, o che sono direttamente influenzate dalle scelte dell'azienda;
- C. questo gruppo racchiude le attività svolte a valle dell'azienda, presso la rete di vendita e dagli installatori/manutentori.

Una volta individuate tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto, è stato possibile identificare le fasi che sono di interesse per lo studio e che pertanto devono essere incluse nei confini del sistema.

La Figura 3 rappresenta il sistema di prodotto in esame, mettendo in evidenza le fasi del ciclo di vita del prodotto che sono state incluse nell'analisi LCI e le fasi che sono state escluse dallo studio.

Le fasi incluse nei confini del sistema sono:

- B.1 Trasporto di materiali e semilavorati in ingresso;
- B.2 Trasporto interno di materiali e prodotti finiti;
- B.3 Realizzazione dei componenti e assemblaggio del prodotto finito;
- B.4 Raccolta degli scarti di lavorazione;

- B.5 Conferimento degli scarti di lavorazione come rifiuti;
- B.6 Recupero degli scarti per il riutilizzo in altre lavorazioni;
- B.7 Distribuzione del prodotto finito sulla rete di vendita;
- C.4 Eliminazione del prodotto a fine vita.

Sono state escluse dall'analisi le seguenti fasi del ciclo di vita del prodotto, in quanto ritenute non di interesse in base agli obiettivi della valutazione:

- A.1 Estrazione delle materie prime;
- A.2 Trasporto delle materie prime per la prima lavorazione;
- A.3 Prima lavorazione delle materie prime e dei semilavorati;
- C.1 Trasporto e installazione del prodotto presso gli utilizzatori;
- C.2 Fase d'uso e manutenzione del prodotto presso gli utilizzatori;
- C.3 Sostituzione del prodotto a fine vita.

L'approccio scelto può essere definito come "from gate to gate allargato": infatti, nello studio sono state incluse le fasi che sono strettamente connesse alla realizzazione del prodotto, ovvero "from gate to gate", ma anche le fasi finali della vita del prodotto, che attualmente non sono sotto il controllo dell'azienda produttrice ma che, nell'ottica di sviluppare soluzioni di business innovative in materia di economia circolare, potrebbero diventare nuovi processi a carico dell'azienda.

2.4. Inventario dello studio

Per le fasi incluse nello studio, sono stati raccolti i dati necessari a quantificare i flussi in entrata e in uscita degli elementi riassunti in Tabella 1.

La raccolta dei dati è stata svolta utilizzando diverse modalità, richiamate in Tabella 1.

In particolare, i seguenti dati sono stati raccolti direttamente presso l'azienda, e sono quindi da intendersi come dati primari:

- le informazioni relative ai chilometri percorsi dai fornitori di materie prime e semilavorati e dai distributori (per le fasi B.1 e B.7) sono state ottenute dal programma gestionale dell'azienda, che riporta per ciascun fornitore e distributore la provenienza/destinazione e il tipo di mezzo utilizzato;
- i consumi di materiali ed energia durante le attività di produzione (per la fase B.3) sono stati desunti dal programma gestionale aziendale, che riporta rendiconti mensili aggregati per tutte le attività svolte all'interno delle due sedi;
- quantità e tipologia di rifiuti prodotti come scar-

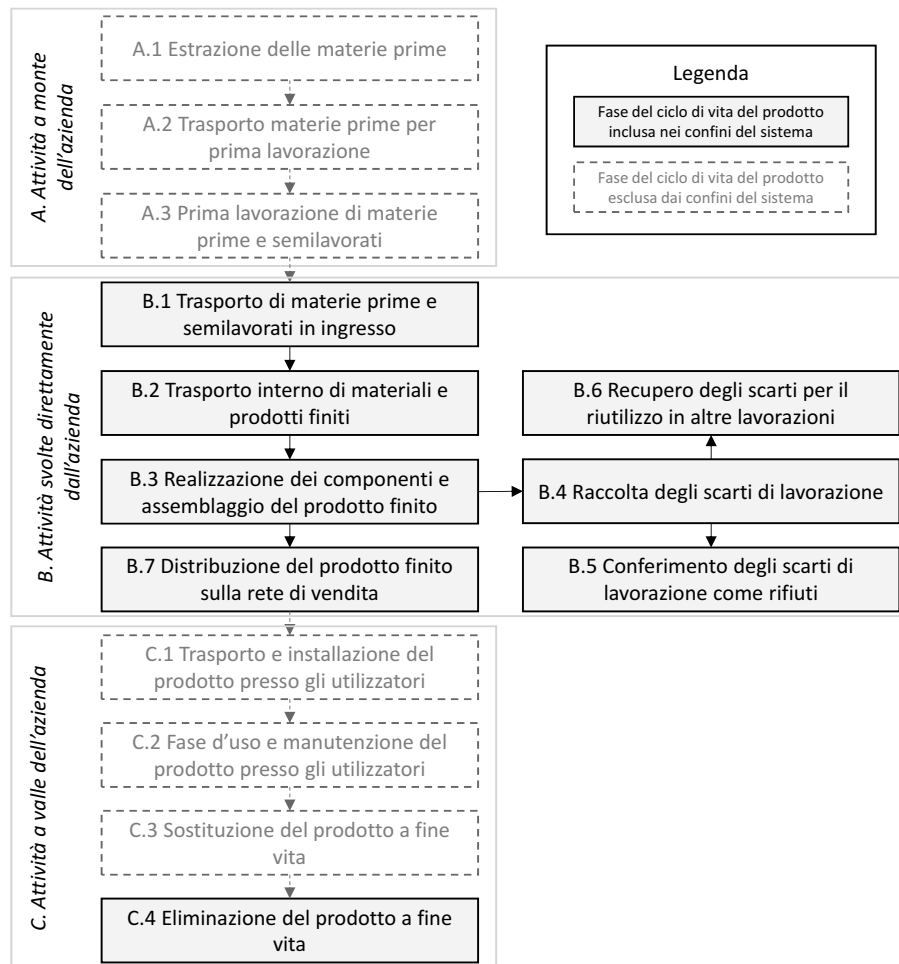


Figura 3 – Fasi del ciclo di vita del prodotto incluse (ed escluse) nel campo di applicazione della valutazione

ti di lavorazione (per la fase B.4) e conferiti allo smaltimento oppure recuperati per altre lavorazioni (per le fasi B.5 e B.6) sono state desunte dal registro di carico-scarico rifiuti, comprensivo di tutti i rifiuti e scarti prodotti dall'azienda per tutte le linee produttive;

- le informazioni relative ai trasporti interni all'azienda di materiali, semilavorati e prodotti finiti (per la fase B.2) sono stati ottenuti dal programma gestionale aziendale, che riporta la tipologia di prodotti movimentati, la distanza percorsa e il tipo di mezzo utilizzato;
- le informazioni relative alle modalità di gestione del prodotto a fine vita (per la fase C.4), come destinazione del rifiuto, modalità di conferimento e distanza percorsa dall'installatore per il conferimento del rifiuto, sono state raccolte appositamente intervistando, mediante questionario elaborato ad-hoc, i principali installatori sulla rete di vendita nazionale.

A completamento delle informazioni primarie, è stato necessario utilizzare dati di tipo secondario, derivanti da dati di letteratura. Tali dati riguardano:

- il consumo medio dei mezzi utilizzati per il trasporto in ingresso all'azienda di materie prime e semilavorati (fase B.1);
 - il consumo medio dei mezzi utilizzati per le attività di logistica interna all'azienda (fase B.2);
 - il consumo medio dei mezzi utilizzati per la distribuzione del prodotto sulla rete di vendita (fase B.8).
- Infine, per alcune informazioni è stato necessario ricorrere a stime ed ipotesi plausibili, in assenza di dati di tipo primario o secondario direttamente riconducibili al caso in esame. Tali informazioni riguardano nello specifico:
- il consumo di energia, acqua e risorse per la manutenzione ordinaria e straordinaria delle attrezzature di lavoro direttamente utilizzate per la realizzazione del prodotto (per la fase B.3);
 - i consumi associati al trasporto degli scarti di lavorazione avviati allo smaltimento ed eventuali forme di recupero successive (per la fase B.6);
 - la destinazione dei prodotti sostituiti avviati allo smaltimento e la tipologia di trattamento dei prodotti messi a fine vita (per la fase C.4).

Tabella 1 – Tipologia di dati raccolti per le fasi del ciclo di vita del prodotto in esame

| Fase del ciclo di vita analizzata | Dati primari raccolti | Dati ottenuti da stime o ipotesi plausibili |
|--|---|--|
| B.1 Trasporto dei materiali in ingresso (materia prima, semilavorati, energia) | <ul style="list-style-type: none"> – Quantità e tipologia di materiali in ingresso – Provenienza dei materiali in ingresso – Tipo di mezzi utilizzati dai fornitori | <ul style="list-style-type: none"> – Consumo dei mezzi dei fornitori |
| B.2 Trasporto interno tra le sedi dell'azienda (materiali, semilavorati e prodotti finiti) | <ul style="list-style-type: none"> – Quantità e tipologia di prodotti trasportati tra le sedi – Km percorsi per il trasporto dei prodotti tra le sedi e tragitto – Tipo di mezzi utilizzati per il trasporto tra le sedi | <ul style="list-style-type: none"> – Consumo dei mezzi utilizzati per il trasporto tra le sedi |
| B.3 Realizzazione dei componenti e assemblaggio del prodotto finito | <ul style="list-style-type: none"> – Consumi di energia elettrica, gas metano, acqua, ecc. – Consumi di materie prime, semilavorati, sostanze, ecc. | <ul style="list-style-type: none"> – Consumi per attività di manutenzione ordinaria e straordinaria |
| B.4 Raccolta degli scarti di lavorazione | <ul style="list-style-type: none"> – Quantità di scarti di produzione distinti per tipologia | <ul style="list-style-type: none"> – Consumi per attività di raccolta degli scarti di produzione |
| B.5 Conferimento degli scarti di lavorazione come rifiuti | <ul style="list-style-type: none"> – Quantità di rifiuti smaltiti distinti per tipologia – Km percorsi per il conferimento dei rifiuti distinti per tipologia | <ul style="list-style-type: none"> – Destinazione finale dei rifiuti conferiti – Tipologia di trattamento dei rifiuti conferiti – Consumo dei mezzi utilizzati per il trasporto dei rifiuti conferiti |
| B.6 Recupero degli scarti per il riutilizzo in altre lavorazioni | <ul style="list-style-type: none"> – Quantità di scarti di produzione recuperati in altre lavorazioni all'interno dell'azienda, distinti per tipologia | <ul style="list-style-type: none"> – Prestazioni dei materiali riutilizzati – Consumi per la lavorazione dei materiali riutilizzati |
| B.7 Distribuzione del prodotto finito sulla rete di vendita | <ul style="list-style-type: none"> – Quantità di prodotti venduti sulla rete di vendita – Km percorsi per la distribuzione del prodotto finito sulla rete di vendita | <ul style="list-style-type: none"> – Consumo dei mezzi in fase di distribuzione |
| C.4 Eliminazione del prodotto a fine vita | <ul style="list-style-type: none"> – Quantità di prodotti sostituiti – Modalità di smaltimento dei prodotti sostituiti da parte degli installatori | <ul style="list-style-type: none"> – Destinazione finale dei prodotti avviati allo smaltimento – Tipologia di trattamento dei prodotti messi a fine vita |

3. RISULTATI

I dati e le informazioni, ottenuti dall'analisi di ciclo di vita sopra descritta, sono stati analizzati e discussi, da parte della direzione aziendale, ed hanno portato ad individuare numerose opportunità di miglioramento ambientale. In particolare:

- nelle fasi B.2 e B.3 è emersa l'opportunità di migliorare la gestione delle risorse utilizzate per il processo produttivo e per la logistica interna all'azienda;
- nelle fasi B.1 e B.8 si sono individuati possibili cambiamenti nella scelta dei fornitori e della rete di vendita;
- nelle fasi B.4, B.5 e B.6 si sono definiti interventi migliorativi per la raccolta e il recupero degli scarti di lavorazione;
- nella fase C.4 si è rilevata la possibilità di intervenire per il recupero del materiale a fine vita.

Proprio la fase C.4 è risultata alla direzione aziendale come la più promettente in termini di miglioramento complessivo. In questa prospettiva si sono dunque concentrati gli ulteriori sforzi dell'azienda, al fine di individuare possibili soluzioni per ridurre la quantità di prodotti smaltiti ed aumentare le possibilità di recupero dei prodotti stessi, in una prospettiva di recupero o riciclo. L'azienda ha quin-

di formulato alcune ipotesi e ne ha verificato la fattibilità economica, tecnologica ed organizzativa, al fine di assicurare una attenta analisi costi-benefici preventiva al successivo business plan.

Per poter realizzare un progetto di recupero del prodotto a fine vita, l'azienda ha evidenziato la necessità di implementare alcune nuove attività, che andrebbero ad aumentare le fasi del ciclo di vita di responsabilità dell'azienda, nell'obiettivo di allungare il ciclo di vita steso del prodotto.

Come rappresentato in Figura 4, le nuove attività che l'azienda dovrebbe implementare per ottenere il recupero del prodotto a fine vita (gruppo D.) sono:

- D.1 Recupero dei prodotti dismessi, sostituiti con altri prodotti nuovi, da realizzare in collaborazione con i tecnici installatori e gli utilizzatori finali;
- D.2 Smontaggio e recupero dei materiali componenti il prodotto, in particolare acciaio e gomma;
- D.3 Riutilizzo del materiale recuperato per realizzare lo stesso prodotto oppure per realizzare altri prodotti, con caratteristiche diverse;
- D.4 Rivendita a terzi del materiale recuperato, per altri possibili recuperi.

Per concretizzare in termini di business plan il progetto di recupero dei prodotti a fine vita, l'azienda ha approfondito le innovazioni organizzative ed ope-

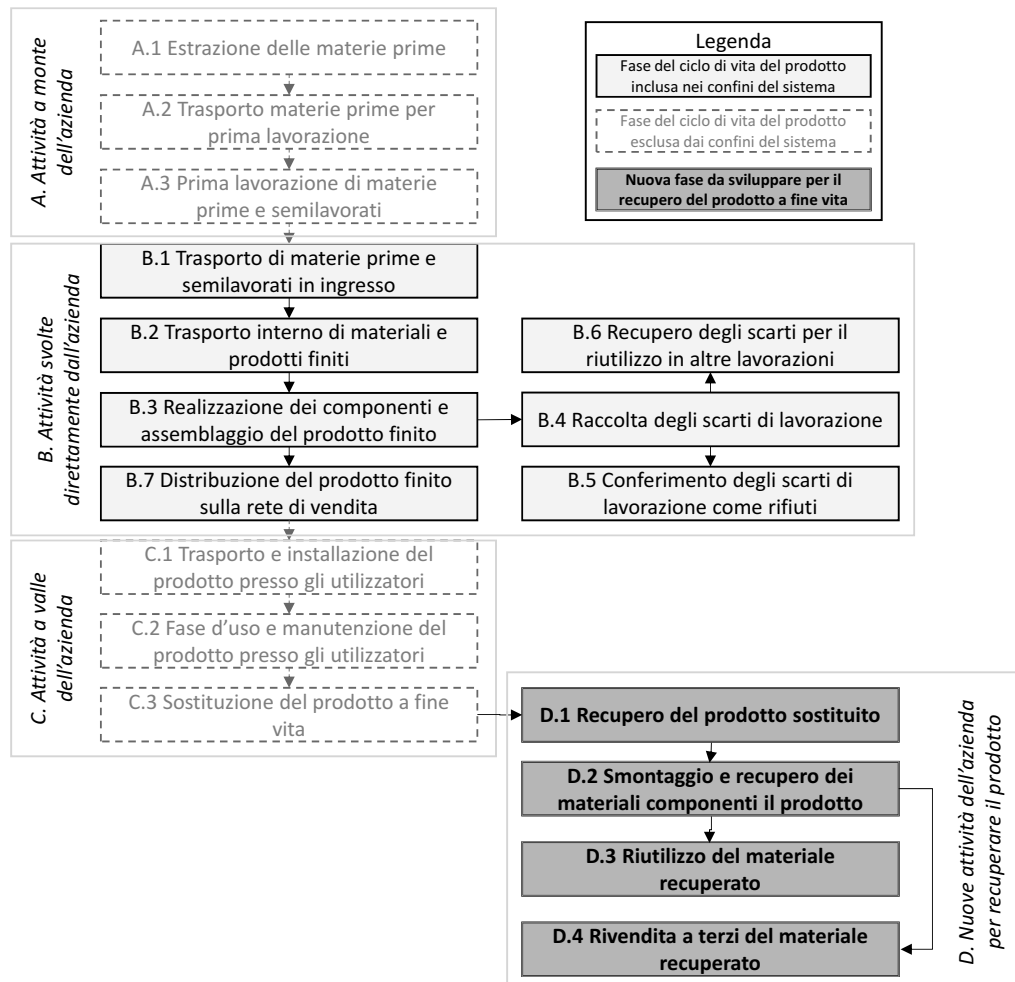


Figura 4 – Ciclo di vita allargato alle nuove attività per il recupero del prodotto a fine vita

rative che si rendono necessarie per rendere effettivamente operative le attività D.1, D.2, D.3 e D.4. Riportiamo in Tabella 2 una sintesi delle valutazioni espresse dall'azienda in merito agli scenari possibili per il progetto di recupero a fine vita del prodotto. Le valutazioni fatte dall'azienda si sono basate su analisi del mercato di riferimento, confronto diretto con gli installatori e valutazioni tecniche relative all'adattabilità dei processi produttivi, nonché alla ricerca e sviluppo per la realizzazione di nuovi prodotti con i materiali provenienti dal recupero dei vasi dismessi.

4. DISCUSSIONE

Nel considerare le varie opzioni legate al recupero del prodotto a fine vita, l'azienda deve porre particolare attenzione alle effettive possibilità di recupero e riciclo dei materiali che compongono il prodotto a fine vita.

Intesi come rifiuti, entrambi i materiali possono essere recuperati dall'azienda, perché corrispondenti a codici CER già presenti in azienda come scar-

ti di produzione per i quali l'azienda è già in possesso di opportuna autorizzazione:

- nel caso della gomma, il codice CER corrispondente è CER 191204 “plastica e gomma”;
- nel caso dell'acciaio, i codici CER corrispondenti potrebbero essere CER 170405 “ferro e acciaio”, CER 170407 “metalli misti”, CER 170409* “rifiuti metallici contaminati da sostanze pericolose” e CER 150111* “imballaggi metallici contenenti matrici solide porose pericolose (ad esempio amianto), compresi i contenitori a pressione vuoti”.

Ora, però, va detto che il progetto di recupero del prodotto a fine vita potrebbe essere vantaggioso per l'azienda se tali materiali potessero essere valorizzati come materia prima secondaria, per un loro riutilizzo in nuovi prodotti dell'azienda (attività D.3) oppure per una loro vendita a terzi (attività D.4). Per quanto riguarda l'acciaio, le possibilità di riutilizzo di questo materiale nel processo produttivo aziendale sono molto promettenti, sia dal punto di vista tecnologico che economico. Infatti, il materiale recuperato potrebbe avere ottime caratteristiche tecniche qualora reimpiegato direttamente dal-

Tabella 2 – Potenzialità e criticità associate alle nuove attività per il recupero del prodotto a fine vita

| Attività da implementare | Innovazioni da introdurre con le nuove attività | Criticità legate agli interventi ipotizzati |
|--|--|--|
| D.1 Recupero del prodotto sostituito (a fine vita) | <ul style="list-style-type: none"> – Sviluppare un sistema logistico per il recupero dei prodotti dismessi, dagli installatori all'azienda – Coinvolgere gli installatori con azioni di sensibilizzazione | <ul style="list-style-type: none"> – Collaborazione degli installatori – Costi di recupero dei materiali installati all'estero |
| D.2 Smontaggio e recupero dei materiali componenti il prodotto | <ul style="list-style-type: none"> – Allestire un processo per lo smontaggio del prodotto e il recupero dei materiali – Prevedere un sistema di controllo qualità del materiale recuperato | <ul style="list-style-type: none"> – Costi per adattare i processi allo smontaggio del prodotto in parti – Costi per il controllo qualità dei materiali – Incertezza relativa alla possibilità di riutilizzare i materiali (criteri per il controllo qualità) |
| D.3 Riutilizzo del materiale recuperato | <ul style="list-style-type: none"> – Sviluppare progetto e testing per verificare la possibilità di riutilizzare i materiali nel processo produttivo – Adattare tecnologie e impianti per la lavorazione di materiale recuperato – Ideare nuovi prodotti con caratteristiche funzionali alle caratteristiche dei materiali recuperati | <ul style="list-style-type: none"> – Incertezza relativa alla possibilità di riutilizzare i materiali per produrre lo stesso prodotto – Incertezza relativa alla possibilità di riutilizzare i materiali per produrre nuovi prodotti – Incertezza relativa alla possibilità di riutilizzare i materiali per produrre nuovi prodotti – Incertezza relativa alla possibilità di riutilizzare i materiali per produrre nuovi prodotti |
| D.4 Rivendita a terzi del materiale recuperato | <ul style="list-style-type: none"> – Sviluppo di una rete di vendita per i materiali recuperati | <ul style="list-style-type: none"> – Rapporto costi/benefici tra i costi per il recupero dei materiali e i ricavi dalla loro vendita |

l'azienda (attività D.3) e avrebbe anche un interessante valore economico qualora fosse rivenduto sul mercato (attività D.4). A confermare il vantaggio legato al recupero dell'acciaio vi è il fatto che l'utilizzo di tale materiale come materia prima secondaria è regolamentato in termini di EoW (Consiglio dell'Unione Europea, 2011): ciò significa che l'azienda può con certezza ipotizzare il riutilizzo dell'acciaio nei propri processi produttivi, senza compromettere condizioni di salute e sicurezza degli utilizzatori quando venderà sul mercato un nuovo prodotto realizzato con questo materiale di recupero.

Più complicato appare, invece, lo scenario di recupero del materiale in gomma. Per tale materiale, infatti, non esistono ancora indicazioni esplicite sulla possibilità di recuperarlo come materia prima secondaria in prodotti innovativi nel rispetto di condizioni di salute e sicurezza per il mercato (Nespor, 2018). Pertanto, pur essendo nelle possibilità dell'azienda prevedere un recupero della gomma per altri utilizzi, in assenza di regolamentazioni che ne limitano l'impiego, risulta in realtà eccessivamente rischioso investire nello sviluppo di nuovi prodotti e/o nell'adeguamento di tecnologie e impianti funzionali al recupero di questo materiale, dal momento che nel giro di qualche anno potrebbe essere pubblicato un regolamento specifico per l'EoW della gomma che potrebbe impedirne l'utilizzo che l'azienda ha nel frattempo sviluppato. Questa eventualità rende dunque eccessivamente elevato per l'azienda il rischio associate al progetto. In alternativa, l'azienda potrebbe

optare per la vendita a terzi della gomma recuperata; in questo caso la convenienza economica può risultare insufficiente, rispetto ai costi comunque necessari per il recupero del prodotto a fine vita e lo smontaggio delle parti in gomma.

A conti fatti, quindi, la mancanza di un regolamento EoW per il materiale in gomma limita notevolmente i reali benefici economici che l'azienda potrebbe ottenere dal recupero del prodotto a fine vita. Poiché l'implementazione del progetto di recupero del prodotto a fine vita, con l'avvio delle attività D.1, D.2, D.3 e D.4, sarebbe particolarmente oneroso sia dal punto di vista organizzativo che tecnologico, a conti fatti è carente la sostenibilità economica dell'operazione. Facendo un bilancio dei costi e benefici, infatti, sull'ago della bilancia pesano in positivo le opportunità promettenti e regolamentate del recupero dell'acciaio, mentre i dubbi circa un futuro EoW della gomma pesano in negativo. A questo vanno sommati i costi che l'azienda dovrebbe sostenere per realizzare il recupero dei materiali, che comprendono i costi per attuare un nuovo sistema logistico per il recupero del prodotto a fine vita (per la fase D.1), i costi per disassemblare il prodotto e recuperare i materiali (per la fase D.2), ed infine i costi delle modifiche a tecnologie ed impianti per lavorare i materiali recuperati (per la fase D.3).

5. CONCLUSIONI

In questo articolo abbiamo visto il caso di un'azien-

da italiana leader nel settore della progettazione, produzione e vendita di vasi ad espansione per caldaie. L'analisi dei contributi ambientali associati al ciclo di vita del prodotto, condotta mediante la metodologia LCI come forma semplificata del LCA, ha messo in luce interessanti opportunità di sviluppo per l'azienda, in particolare riferite al recupero del prodotto a fine vita. Ciò dimostra come la prospettiva dell'economia circolare possa essere un volano all'innovazione di prodotto e di processo per le imprese italiane. Al contempo, questo caso studio ha messo in luce come la mancanza di regole chiare e complete nel mercato delle materie prime secondarie possa inibire interventi coraggiosi delle imprese nella riduzione degli impatti ambientali, a causa delle incertezze sugli scenari EoW.

Tra gli elementi presi in considerazione dall'azienda per il recupero a fine vita del vaso di espansione, infatti, pesa l'incognita relativa all'effettiva possibilità di riutilizzare i materiali derivanti dal recupero del prodotto dismesso. Questo è strettamente interconnesso al concetto stesso di EoW. Tecnicamente, infatti, l'EoW si distingue da un sottoprodotto in quanto deriva da un processo di consumo, pertanto non è direttamente utilizzabile in un processo produttivo come materia prima seconda senza ulteriori trattamenti (Landro, 2014). Com'è noto, i criteri per la cessazione della qualifica di rifiuto vanno definiti a livello europeo ed il mercato, nella possibilità di recuperare i materiali per reimmetterli nei processi produttivi, deve essere vincolato da regolamenti ad hoc, volti a garantire prodotti e materiali sicuri, secondo i principi di prevenzione e precauzione (Muratori, 2018). Tuttavia, la contingente assenza di criteri EoW per molte tipologie di materiali sta rallentando i Paesi europei nella realizzazione l'obiettivo "rifiuti zero" (Castellano, 2017). Il mercato italiano, in particolare, chiede di accelerare nella formulazione di regolamenti EoW (Fabris e Mazzi, 2018) e anche il caso studio presentato in questo articolo va in tale direzione.

Il tema dell'economia circolare è oggi di grande attualità nel mondo industriale e la promozione di un sistema economico che riduca i rifiuti e valorizzi il recupero è già un impegno per molte imprese. L'approccio di ciclo di vita gioca un ruolo fondamentale in questo, e strumenti come il LCA e il LCI sono efficaci nel guidare le aziende a riconoscere le opportunità associate al recupero, riuso e riciclo dei prodotti a fine vita. Tuttavia, l'assenza di un quadro legislativo completo introduce

un pesante elemento di incertezza nel business delle imprese e rende troppo oneroso il rischio economico-finanziario connesso ad innovazioni di economia circolare.

Il caso studio analizzato in questo articolo ha dimostrato come la chiusura del cerchio sia una sfida vincente sia per i benefici ambientali che ne conseguono sia per l'innovazione imprenditoriale che porta con sé. Le regolamentazioni EoW forniscono il quadro di riferimento indispensabile per tutelare utilizzatori e consumatori, ma anche per stimolare lo sviluppo di nuovi prodotti, nuove tecnologie, nuovi materiali, nuovi servizi. Se tali regolamentazioni sono lacunose, dunque, le aziende mancano di una guida per indirizzare i propri sforzi a favore della sostenibilità ambientale, mentre il mercato soffre dell'incertezza per la tutela della salute e sicurezza degli utilizzatori.

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Castellano F. (2017) End-of-waste servono regole e procedure certe. *Ecoscienze* 5: 46-48.
- Commissione Europea (2015) L'anello mancante – Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare. COM/2015/0614 final. Comunicazione della Commissione al Parlamento, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale europeo e al Comitato delle Regioni. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0009.02/DOC_1&format=PDF
- Consiglio dell'Unione Europea (2011) Regolamento (UE) n. 333/2011 del Consiglio, 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/CE del Parlamento europeo e del Consiglio. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0333&from=IT>
- Fabris C. e Mazzi A. (2018) "End of Waste": dopo lo stop ai criteri regionali caso per caso, lo stato interviene in fretta. *Rivista Giuridica dell'Ambiente* 4: 689-706.
- Landro A. (2014) Rifiuti, sottoprodotti e fine del rifiuto (end of waste): una storia ancora da (ri) scrivere? *Rivista Trimestrale di Diritto Penale dell'Economia* 3-4: 913-953.
- Muratori A. (2018) La riformata direttiva quadro sui rifiuti: a beneficio dell'economia circolare, novità sui sottoprodotti e sulla perdita della qualifica di rifiuto. *Ambiente & Sviluppo* 8-9: 519-524.
- Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 novembre 2008, relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive. <https://eurlex.europa.eu/leal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=IT>
- Nespor S. (2018) Plastica. *Rivista Giuridica dell'Ambiente* 1: 1-4.
- UNI EN ISO (2006/a) UNI EN ISO 14040: Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita Principi e quadra di riferimento. International Standard Organization.
- UNI EN ISO (2006/b) UNI EN ISO 14044: Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita Requisiti e linee guida. International Standard Organization.

LA LEGISLAZIONE EUROPEA IN MATERIA DI ECONOMIA CIRCOLARE E IL RUOLO DEI GOVERNI NAZIONALI

Massimo Mari^{1,*}, Antonio Fardelli¹, Lia Millucci²

¹ Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto sull'inquinamento atmosferico – Roma.

² Dipartimento di Biotecnologie, Chimica e Farmacia – Università di Siena – Siena.

Sommario – L'articolo offre un quadro sintetico del contesto normativo europeo in materia di "economia circolare". Vengono *in primis* rilevate le attuali condizioni economiche e ambientali che hanno determinato la necessità di elaborare questo nuovo modello economico, che dovrebbe mostrarsi in grado, al di là di *slogan* e parole ad effetto, di garantire gli attuali livelli di *welfare* senza compromettere ulteriormente gli equilibri eco-sistemici planetari. In quest'ambito gli autori hanno prestato particolare attenzione a rilevare i principi cardine e le ragioni ambientali, sociali e tecnico scientifiche che hanno originariamente ispirato la definizione del modello "economia circolare". Si propone poi, nella parte conclusiva, un'analisi critica della recente e ambiziosa normativa europea in materia, focalizzando l'attenzione su alcuni "elementi chiave" che, nella fase di recepimento nell'ordinamento nazionale degli Stati Membri, determineranno, secondo gli autori e a prescindere dal raggiungimento dei *target* quantitativi di riferimento adottati, il successo o l'insuccesso dell'iniziativa normativa nel lungo periodo.

Parole chiave: economia circolare; sviluppo sostenibile; gestione delle risorse e dei rifiuti; bioeconomia; legislazione europea.

THE EUROPEAN LEGISLATION ON CIRCULAR ECONOMY AND THE ROLE OF MEMBER STATES

Abstract – The paper gives a brief description of the European regulatory framework in terms of "circular economy". First of all, readers can observe the analysis of the current environmental and economic situation, which determined the need of implementing a new economic model, able to guarantee the existing welfare level without further undermining the equilibrium of the global ecosystem. In this context, the authors decided to pay specific attention to reveal the original fundamentals and the environmental, social, technical and economic reasons that first inspired the definition of the circular economy model. The final part of the article, while analysing the latest and ambitious European legislation, focuses the attention on some key elements that, during the national transposition phase, will determine the success or the failure of the regulatory package in the long period, regardless of the identified quantitative targets achievement.

* Per contatti: C.N.R. – I.I.A. – Via Salaria km. 33, Roma. Tel. 3804715301; e-mail: m.mari@iia.cnr.it.

Keywords: circular economy; sustainable development; resources and waste management; bioeconomy; European environmental legislation.

Ricevuto il 20-12-2018. Correzioni richieste il 17-4-2019. Accettazione il 20-5-2019.

1. INTRODUZIONE

In questi anni le sfide economico ambientali più complesse e ambiziose vengono spesso presentate attraverso l'utilizzo frequente, e a volte improprio, di *slogan* e definizioni di sicuro impatto mediatico, ma troppo spesso non in grado, per loro stessa natura, di rilevare la complessità degli argomenti trattati e la valenza che determinate decisioni comportano, a causa della molteplicità di interconnessioni presenti nell'attuale sistema economico-ambientale. Del resto, coniugare lo sviluppo economico industriale e gli attuali livelli di *welfare* con il rispetto per i fragili ecosistemi che ci circondano appare una sfida impossibile considerato l'attuale assetto politico internazionale. Nonostante la molteplicità di provvedimenti emanati e sottoscritti in materia negli ultimi decenni, possiamo dire che, paradossalmente, le migliori *performance* ambientali si sono avute "grazie" alla recente crisi economica mondiale e al rallentamento dei consumi ad essa direttamente imputabile.

Dopo anni di "green economy", ora si parla sempre più frequentemente di "circular economy", in particolare a seguito dell'entrata in vigore di una specifica normativa europea in materia. Si tratta di una *vision* nuova e credibile per lo sviluppo economico sostenibile del nostro pianeta o si tratta semplicemente di *slogan* creati *ad hoc* per l'ottenimento di consensi politici di breve durata o per assicurare gli interessi economici di alcune *lobbies* industriali?

L'Unione europea dopo aver registrato il mancato raggiungimento degli ambiziosi obiettivi ambientali individuati, connessi alle politiche sulla qualità dell'aria e di contrasto ai cambiamenti climatici, caratterizzate da ampia risonanza mediatica, partenze

sprint e risultati insoddisfacenti, non può evidentemente permettersi un altro passo falso. Specialmente ove essa voglia ancora, come da sempre annunciato, rivestire un ruolo di primo piano per l'adozione di politiche ambientali all'avanguardia.

2. IL CONTESTO

Il modello economico industriale che ha caratterizzato gli ultimi 150 anni di storia è stato definito "economia lineare". Un sistema economico basato sulla continua estrazione di materie prime, sulla produzione e sul consumo di massa. Questo modello ha fallito. Pur permettendo una straordinaria crescita economica, almeno in una significativa porzione del nostro pianeta, l'economia lineare ha causato effetti gravi e dannosi, la cui portata è tale da non poter essere misurata (nella tabella 1 vengono riportati alcuni dati che rilevano l'attuale livello di contaminazione ambientale dovuta alle attività antropiche). Basti pensare, giusto per fare qualche esempio, al livello attuale di contaminazione dei mari e della terra, alle guerre per il controllo delle materie prime, al dramma dei rifiuti, alle emissioni di gas in atmosfera derivanti da attività antropiche, responsabili dei cambiamenti climatici in atto.

La produzione di beni di consumo a livello mondiale è in crescita esponenziale, secondo un recente studio (*O.E.C.D. – Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico, 2018*) nel 2050 avrà triplicato il suo valore attuale. L'intensità di sfruttamento di risorse, già nel 2030, secondo analisi specifiche (*S.E.R.I. – Sustainable Europe Re-*

search Institute, 2017), sarà doppia rispetto al livello attuale. Sono queste considerazioni, relative alle proiezioni e agli scenari che si prospettano per il prossimo futuro, nonché la realtà che viviamo ogni giorno, a palesare il drammatico fallimento di un sistema economico di tipo lineare. Nasce così la necessità di elaborare un nuovo modello di sviluppo economico.

La *British Standard Institution*, principale organizzazione di standardizzazione a livello globale, è stata la prima a fornire concrete indicazioni alle aziende interessate all'implementazione del modello "economia circolare". La norma n. BS8001 rappresenta il primo "standard guida" in materia, fornendo un fondamentale riferimento per le aziende interessate. Tra i principali contenuti, si ravvisano in essa i sei principi fondamentali che governano il modello, graficamente rappresentata nella Figura 1.

L'"economia circolare" è un modello che punta alla riduzione e all'eliminazione dello scarto, alla differenziazione delle fonti di approvvigionamento di materie, all'allungamento del ciclo di vita dei prodotti. Questo sistema può rappresentare l'alternativa al modello lineare "*take-make-consume-dispose*", non più sostenibile per l'umanità e per il pianeta. Nella Figura 2 si riporta una rappresentazione grafica del modello, già utilizzata dal Parlamento europeo.

In Europa i benefici derivanti dall'implementazione dell'economia circolare sarebbero consistenti, non solo a livello ambientale, ma anche socio economico, specie considerando la forte dipendenza del vecchio continente dalle importa-

Tabella 1 – Alcuni dati e proiezioni dalle più autorevoli organizzazioni internazionali palesano la gravità dell'attuale condizione ambientale. Nella prima colonna il dato/proiezione, nella seconda l'indicazione della relativa fonte

| CRITICITÀ AMBIENTALE RILEVATA | FONTE |
|---|--|
| La contaminazione dei mari da materiale plastico è fuori controllo (rilevata anche nel ghiaccio artico). Nel 2050 avremo più kg di plastica che di pesce in mare. | World Economic Forum Report – Gennaio 2016 – "Rethinking the future of plastics". |
| Si utilizza una quantità di plastica 20 volte superiore alla quantità consumata 50 anni fa. | |
| Nel mondo vengono prodotti 1,3 miliardi di tonnellate di rifiuti l'anno, molti di più di quanto possano essere mai trattati o riciclati. | R. Geyer; J. Jambeck; K. Lavender Law – Science Advances Vol. 3, no. 7, Luglio 2017 "Production, use, and fate of all plastics ever made". |
| Circa il 50% delle emissioni in atmosfera di gas serra derivano dalle operazioni relative al "flusso dei materiali". | OECD (Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico) "Material resources, productivity and the environment: key findings" (2013). |
| Si stima un aumento del 100%, rispetto agli attuali livelli, nello sfruttamento delle risorse naturali dal 2050. | Report UNEP United Nations Environment Programme – Febbraio 2018. |



Figura 1 – Elaborazione autore. Nella rappresentazione grafica vengono evidenziati i sei principi fondamentali dell'economia circolare secondo la British Standard Institution. La collaborazione è uno dei sei principi. L'economia circolare non può essere considerata sinonimo di "simbiosi industriale", ossia come semplice e profittevole collaborazione (scambio materie) tra aziende



Figura 2 – Schema economia circolare (Parlamento europeo)

zioni di risorse energetiche e materie prime. Gli effetti positivi attesi dall'adozione del modello "economica circolare" si riscontrerebbero, direttamente, nelle attività di sfruttamento e approvvigionamento di risorse e materie prime nonché nella quantità di scarti prodotti. Indirettamente, è poi lecito attendersi dei benefici sociali in termini di creazione di nuovi posti di lavoro e vantaggi economici dovuti allo sviluppo di nuovi mercati e filiere economiche. D'altro canto, è giusto sottolineare che anche con l'economia circolare, come accaduto in passato con lo sviluppo del modello di tipo lineare, i benefici attesi non avranno carattere globale. Alcuni paesi, che basano la loro economia sull'esportazione di materie prime e fonti di energia di tipo fossile, potranno subire effetti economici negativi e pesanti ripercussioni a livello sociale e occupazionale. In ogni caso, la transi-

zione verso questo nuovo modello non dovrà prescindere dal coinvolgimento di tutti gli *stakeholders* (governo, industria e società civile), dall'introduzione di specifici sistemi fiscali di incentivazione e dall'implementazione di nuove tecnologie, opportuni modelli di organizzazione sociale e di gestione del *business*.

L'Europa, che da sempre riveste un ruolo di primo piano nell'adozione di politiche innovative per il rispetto dell'ambiente e la promozione di modelli economici sostenibili, potrà realizzare la transizione verso questo nuovo modello anche attraverso l'adozione delle quattro direttive del pacchetto "economia circolare" (direttive del 30/05/2018: n. 849/2018/EU; n. 850/2018/EU; n. 851/2018/EU; n. 852/2018/EU).

Questi provvedimenti modificano significativamente la precedente legislazione comunitaria in materia di rifiuti. Vengono infatti considerevolmente modificate le precedenti direttive: n. 2008/98/Ce (direttiva principale in materia di gestione rifiuti); 1994/62 (in materia di imballaggi); n. 1999/31/Ce (in materia di discariche); n. 2012/19/Ce (in materia di RAEE – rifiuti da apparecchiature elettriche e elettroniche); n. 2000/53/Ce (in materia di veicoli fuori uso); n. 2006/66/Ce (in materia di pile e accumulatori).

Le modifiche apportate sono in vigore dal 04/07/2018 e dovranno essere recepite nell'ordinamento nazionale degli Stati Membri entro il 05/07/2020.

La nuova normativa è volta a rafforzare la gerarchia sul trattamento dei rifiuti, elemento portante della legislazione europea in materia. Nella Figura 3 è rappresentata graficamente in forma piramidale la gerarchia di trattamento dei rifiuti.

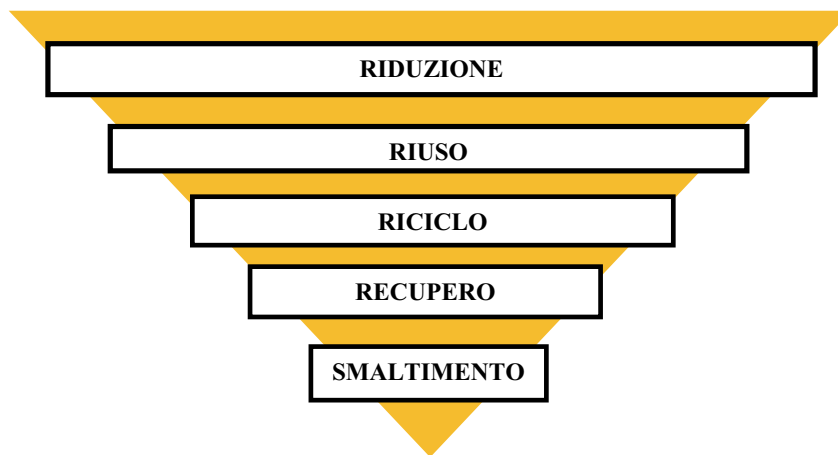


Figura 3 – Piramide gerarchica trattamento rifiuti (elaborazione dell'autore da "gerarchia rifiuti" ex legislazione dell'Unione europea, art. 4 direttiva 30 maggio 2018, n. 851)

Il rafforzamento di tale gerarchia appare un obiettivo molto ambizioso, viste le criticità che attualmente si riscontrano in Europa nella gestione dei rifiuti. L'adozione di un sistema normativo che si pone degli obiettivi così ambiziosi non potrà prescindere dalla preventiva individuazione delle priorità d'azione e dalla definizione delle modalità di implementazione e di sviluppo di adeguati strumenti funzionali alla crescita del sistema stesso. Nella Tabella 2 vengono riportati schematicamente, in relazione alle singole fasi di trattamento di cui alla gerarchia, gli obiettivi individuati e le possibili azioni volte a favorirne il raggiungimento. La normativa europea in esame, per assicurare il governo di questo nuovo modello economico, fa riferimento a tre principi cardine:

- 1) *valorizzazione del prodotto prima della sua effettiva dismissione (unused value)* – eliminazione dello "spreco d'uso" del prodotto e dunque contestuale valorizzazione dello stesso prima di procedere alla sua dismissione;
- 2) *utilizzazione di scarti come materia prima (waste as raw materials)* – guardare alle materie di scarto come a giacimenti di materia da reintrodurre nel ciclo di produzione (c.d. "materia prima seconda");
- 3) *fine della dismissione prematura di materiale (end of materials early death)* – non permettere che materia sana venga dismessa. Troppo spesso il guasto o il deterioramento di un componente di un oggetto comporta la contestuale dismissione di parti sane.

Tabella 2 – Sono riportate in tabella le varie modalità di trattamento secondo l'ordine gerarchico definito dalla legislazione europea. Per ogni gradino della gerarchia (colonna 1) vengono indicati gli ambiti di azione (colonna 2), gli obiettivi individuati (colonna 3) e le possibili azioni per favorirne il raggiungimento (colonna 4). E.E.A. (2016), report n. 2/2016

| Gerarchia | Ambito | Obiettivo | Possibili azioni |
|-------------|---------------------|---|---|
| RIDUZIONE | PRODUZIONE | Minimizzare l'utilizzo di materie prime/risorse naturali, energia e acqua; ridurre l'impatto ambientale delle attività produttive; minimizzare gli sprechi del ciclo produttivo | Eco design dei prodotti; sostituzione materiali tradizionali; sviluppo sistemi alternativi di produzione; maggior utilizzo risorse rinnovabili; ridurre inquinamento e emissioni in atmosfera delle attività produttive |
| RIUSO | RICOLLOCA- MENTO | Chiudere il ciclo vitale di materiali e prodotti; favorire la reintroduzione nel mercato di materiali o componenti | Dare la priorità alla rivalorizzazione degli scarti e alla riparazione |
| RICICLO | TRATTAMENTO | Favorire il trattamento dei rifiuti volto al loro riciclo | Uso di materiale riciclato al posto di materia prima vergine; preferire l'utilizzo di materiali tecnicamente idonei al riciclo |
| RECUPERO | TRATTAMENTO | Favorire il recupero energetico rispetto all'incenerimento fine a se stesso; in particolare il coicenerimento offre maggiori garanzie tecnico ambientali | Coicenerimento in stabilimenti esistenti e idonei (cementifici; acciaierie); incenerimento con recupero energetico |
| SMALTIMENTO | ELIMINAZIONE | Minimizzare il conferimento di rifiuti in discarica | Divieto autorizzazione nuove discariche e ampliamenti |

I principali risultati che si vogliono raggiungere, secondo le modifiche apportate dalla direttiva n. 849/2018/UE, sono i seguenti:

- il riciclaggio dei rifiuti urbani dovrà raggiungere la quota del 55% entro il 2025, quella del 60% entro il 2030 e del 65% entro il 2035;
- il ricorso allo smaltimento in discarica dovrà essere limitato ad un massimo del 10% entro il 2035;
- gli imballaggi dovranno essere riciclati per il 65% entro il 2025 e per il 70% entro il 2030;
- i rifiuti tessili e rifiuti pericolosi derivanti dalle famiglie dovranno essere raccolti separatamente dal 2025;
- i rifiuti biodegradabili dovranno essere raccolti separatamente o riciclati attraverso compostaggio entro l'anno 2024.

Al fine di perseguire gli obiettivi sopra riportati, l'Unione europea invita gli Stati Membri ad attivare strumenti economico/finanziari tali da rendere economicamente più convenienti le operazioni di prevenzione, riutilizzo, preparazione per il riutilizzo e riciclaggio, rendendo contestualmente più onerose le azioni volte allo smaltimento.

Al riguardo, la normativa europea in materia fornisce l'indicazione di possibili strumenti economici per l'implementazione dell'economia circolare e dunque per il rafforzamento della gerarchia dei rifiuti (allegato 1 direttiva 2008/98/Ce):

- tasse e restrizioni per il collocamento in discarica e l'incenerimento dei rifiuti;
- regimi tariffari puntuali (“*pay as you throw*”) che gravano sui produttori di rifiuti sulla base della quantità effettiva di rifiuti prodotti;
- incentivi fiscali per la donazione di prodotti, in particolare quelli alimentari;
- regimi di responsabilità estesa del produttore;
- misure per incoraggiare la raccolta efficiente di prodotti e materiali usati;
- pianificazione degli investimenti nelle infrastrutture per la gestione dei rifiuti;
- appalti pubblici sostenibili per incoraggiare una migliore gestione dei rifiuti e l'uso di prodotti e materiali riciclati;
- eliminazione graduale delle sovvenzioni in contrasto con la gerarchia dei rifiuti;
- ricorso a misure fiscali o altri mezzi per promuovere la diffusione di prodotti e materiali che sono preparati per il riutilizzo o riciclati;
- sostegno alla ricerca e all'innovazione nelle tecnologie avanzate di riciclaggio e nella ricostruzione;
- utilizzo delle migliori tecniche disponibili per il trattamento dei rifiuti;

- incentivi economici per le autorità locali e regionali, volti in particolare a promuovere la prevenzione dei rifiuti e ad intensificare i regimi di raccolta differenziata;
- campagne di sensibilizzazione pubblica e integrazione nell'educazione e nella formazione;
- sistemi di coordinamento, anche per via digitale, tra le autorità pubbliche che intervengono nella gestione dei rifiuti;
- promozione di un dialogo e una cooperazione continui tra tutte le parti interessate alla gestione dei rifiuti.

3. ANALISI DEGLI ELEMENTI CHIAVE INDIVIDUATI

Come evidenziato nel paragrafo introduttivo, il globale stato di emergenza ambientale, in particolare in materia di rifiuti, ha una portata di una dimensione tale da non permettere errori nella scelta delle politiche da adottare nei prossimi anni. È necessario, come detto, un nuovo modello economico che dovrà affidarsi, per il suo sviluppo, a opportuni strumenti, incisivi e coordinati. Non è dunque sufficiente agire con tempestività, ma occorre definire le soluzioni opportune, individuare le priorità e agire con estrema decisione per poter combattere una delle sfide più ardue dei nostri tempi.

Nel paragrafo precedente è stato riportato un quadro sintetico dell'ambiziosa normativa europea in materia di “*economia circolare*”. Per descrivere questo nuovo sistema economico sono stati individuati alcuni elementi chiave su cui condurre un *focus*:

- principi cardine;
- obiettivi (rafforzamento gerarchia rifiuti – target e limitazioni per operazioni di trattamento e dismissione);
- strumenti proposti per il raggiungimento dei risultati individuati.

Come detto, è necessario che questi elementi siano connessi in maniera logica e opportuna per permettere il raggiungimento degli obiettivi e dei risultati individuati, nel rispetto della gerarchia dei rifiuti che si intende rafforzare.

Procedendo ad un'analisi critica dei tre elementi chiave individuati, emerge che:

- in relazione ai *principi cardine*, non si rilevano omissioni o criticità nella selezione dei principi scelti per l'introduzione e l'implementazione del modello “*economia circolare*”. Valorizzare lo spreco d'uso, utilizzare scarti in sostituzione di materia prima, evitare la dismissione prematura di

- prodotti e materiali, assicurare la responsabilità estesa del produttore sono concetti fondamentali per lo sviluppo del modello “economia circolare”;
- in relazione agli *obiettivi*, l’obiettivo di rafforzare la gerarchia europea, adottata in relazione alle modalità di trattamento dei rifiuti, appare virtuoso, condiviso e in linea con le esigenze attuali. I risultati, che gli Stati Membri dovranno conseguire con l’adozione del “pacchetto economia circolare”, tuttavia, riguardano solo alcune delle fasi di trattamento (preparazione al riuso/riciclo; riciclo; smaltimento) e sono quantificati attraverso valori percentuali. Il loro raggiungimento dunque non comporterà necessariamente la riduzione del valore assoluto totale nazionale degli scarti prodotti. Al riguardo appare importante sottolineare anche quanto emerso dalle più recenti statistiche condotte in Europa sulle attività di riciclo e recupero. Secondo studi statistici recenti (*Eurostat, 2019*) infatti, durante il 2016, i tassi di riciclo e recupero nell’Unione europea sono in costante crescita, mentre solo il 12% dei materiali utilizzati proviene da prodotti riciclati o materiali recuperati;
 - in relazione agli *strumenti*, l’U.E., proponendo una lunga lista di esempi di strumenti economici o altre misure per incentivare l’applicazione della gerarchia dei rifiuti, lascia, nei fatti, ampia libertà agli Stati Membri in fase di recepimento delle direttive del pacchetto “economia circolare”. È proprio la scelta degli strumenti per l’implementazione e lo sviluppo del nuovo modello economico che, qualora ponderata in base alle reali peculiarità territoriali, determinerà il raggiungimento degli obiettivi attesi, non solo nel breve periodo.

4. LA SCELTA DEGLI STATI MEMBRI

Alla luce di quanto finora esposto, possiamo senz’altro affermare che le direttive del pacchetto economia circolare individuano la strada da percorrere per l’implementazione di questo nuovo modello economico. I principi individuati e posti alla base di questo nuovo modello sono validi e condivisibili. Il raggiungimento dei risultati attesi dipenderà dalle scelte che ogni governo nazionale dovrà compiere in merito agli strumenti economici, o di altra natura, da attivare e promuovere.

Considerato tale contesto, proponiamo due possibili scenari, in relazione alle scelte che gli Stati Membri potrebbero compiere nella delicata fase di recepimento:

- *SCENARIO A*
Recepimento nazionale criticabile e conseguente scelta di strumenti di incentivazione del modello economia circolare non idonei al contesto nazionale.
- *SCENARIO B*
Recepimento nazionale virtuoso e conseguente scelta di idonei strumenti di incentivazione del modello economia circolare.

SCENARIO A

Probabilmente, considerati in particolare i risultati attesi dalla normativa europea sull’economia circolare, gli Stati Membri potrebbero destinare ingenti risorse allo sviluppo di adeguate filiere che garantiscano lo svolgimento ottimale delle fasi di trattamento del rifiuto volte a permetterne la successiva reintroduzione nel mercato, attraverso il riuso o il riciclo. Queste sono attività virtuose, che dovranno necessariamente aumentare nel prossimo futuro le proprie capacità di trattamento, sia da un punto di vista quantitativo che qualitativo. È senz’altro opportuno dunque prevedere strumenti economici che possano permetterne lo sviluppo. Tuttavia, in questo contesto, è molto facile prendere la strada sbagliata. Gli obiettivi individuati dalle direttive (ricorso massimo in discarica al 10% entro il 2035; riciclaggio rifiuti urbani al 55% nel 2025, al 60% nel 2030, 65% nel 2035), potrebbero indurre gli S.M. ad agire con impazienza, concedendo contributi e agevolazioni “a pioggia” per il finanziamento di attività volte al riciclo, anche laddove non sussistano le condizioni ottimali a livello ambientale e socio-territoriale. In un tale scenario, non si può prescindere dal rilevare determinate criticità proprie di un’eventuale proliferazione di stabilimenti di trattamento non opportunamente pianificati:

- le attività di trattamento dei rifiuti volte al riciclo non sono ad impatto zero e spesso comportano consumo di risorse e energia e il coinvolgimento continuo di mezzi di trasporto;
- la concessione di finanziamenti “a pioggia”, senza opportuna pianificazione, comporterebbe l’attrazione di numerose realtà interessate a conseguire facili introiti o vantaggi economici per le proprie attività già in essere. Sussiste, dunque, il rischio di infiltrazioni, il rischio di favorire potenti *lobbies* industriali nazionali e la probabilità conseguente di ottenere risultati non soddisfacenti;
- gli stabilimenti di trattamento di rifiuti sono caratterizzati da un altissimo livello di rischio in-

dustriale. Secondo un recente studio condotto nel Regno Unito (*HSE Health and safety, 2017*) gli incidenti in tali stabilimenti hanno una frequenza quattro volte superiore a quella registrata in stabilimenti industriali dediti ad altre attività e i lavoratori impiegati in impianti di trattamento dei rifiuti sono sei volte più a rischio di infortunio rispetto ai lavoratori impiegati in altre attività industriali; in Italia nei sette mesi tra maggio 2017 e febbraio 2018 sono stati registrati ben tre “incidenti rilevanti” in impianti di trattamento rifiuti (*Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare – Direzione per le autorizzazioni e le valutazioni ambientali – Divisione Rischio industriale, 2018*);

- le filiere di trattamento dei rifiuti comportano il coinvolgimento di diversi soggetti (produttori; cittadini/consumatori; selezionatori e raccoglitori; trasportatori; responsabili del trattamento; operatori di mercato) e necessitano dunque di assoluta armonia per svilupparsi in modo da garantire i risultati attesi. Una filiera è dunque composta di numerosi ingranaggi e qualora uno solo di questi ingranaggi si bloccasse, in poco tempo si passerebbe da un beneficio atteso a un danno già registrato;
- concentrare le risorse sul finanziamento di filiere per il riciclo anche laddove non si ravvisino idonee condizioni territoriali, sarebbe un errore in un’ottica di lungo termine. Appare, in tal senso, poco lungimirante riservare risorse eccessive per il finanziamento di filiere per il riciclo di scarti derivanti dall’uso di prodotti/materiali altamente inquinanti, come quelli plastici, la cui produzione, alla luce dell’attuale livello di inquinamento e contaminazione, dovrà necessariamente essere ridotta con la massima urgenza;
- sempre in un’ottica di lungo termine, il proliferare di stabilimenti di trattamento che si alimentano di scarti, potrebbe, per ragioni economiche sfavorire l’adozione di politiche volte alla riduzione della produzione di rifiuti.

SCENARIO B

Appare evidente, a valle dell’analisi condotta, che l’economia circolare, per rendere i frutti attesi, debba essere concepita come un modello d’innovazione continua applicata ai territori, in grado di interessare comunità e realtà locali, valorizzando peculiarità e specificità. Uno Stato Membro, chiamato a recepire la normativa europea in ma-

teria di “economia circolare”, che voglia cogliere questa straordinaria occasione di progresso sociale e abbia conoscenza delle criticità che potrebbero manifestarsi adottando scelte, misure e strumenti non idonei allo sviluppo di un modello economico tarato sulle caratteristiche del territorio interessato (vedi SCENARIO A), dovrebbe riservare, dunque, larga parte delle risorse individuate per fornire il necessario supporto allo sviluppo di filiere già esistenti, specie per quelle che hanno origine dal settore agricolo. Il settore primario è caratterizzato, infatti, dalla produzione di considerevoli volumi di scarti. Questi scarti hanno origine biologica ed il loro conferimento in discarica, ove manchino opportune filiere di trattamento in grado di garantire la loro rivalorizzazione, appare, dal punto di vista ambientale e considerando i limiti stabiliti per i conferimenti in discarica (ricorso a discarica non superiore al 10% nel 2035), una pratica anacronistica e non più accettabile.

Premesso ciò, nel contesto “SCENARIO B”, si propongono le possibili aree di intervento individuate, cui uno Stato Membro dovrebbe dedicare le risorse da destinare all’implementazione del modello “economia circolare”:

AREA INTERVENTO 1: ricerca e innovazione

In primis una consistente parte delle risorse individuate dovrebbe essere utilizzata per il finanziamento di attività di ricerca volte all’acquisizione di nuove conoscenze, all’introduzione di innovazioni tecnologiche che permettano l’adozione di sistemi di trattamento avanzati e meno impattanti nonché all’introduzione, specie nella fase di produzione, anche attraverso l’*ecodesign*, di materiali ecocompatibili in sostituzione di materie prime tradizionali.

Negli ultimi anni la maggiore consapevolezza ambientale ha spinto il mondo industriale a ricercare soluzioni volte a diminuire la dipendenza dei prodotti dai combustibili a base di petrolio. Questo sta portando le attività di ricerca a concentrare i propri sforzi sullo studio di materiali sostenibili ed ecocompatibili per sostituire quelli convenzionali esistenti. L’enorme aumento della produzione e dell’uso di materiali plastici in ogni settore antropico conduce infatti alla inevitabile formazione di enormi quantità di sprechi di plastica e, quindi, di risorse preziose. Gli attuali e crescenti problemi di smaltimento, inoltre, come pure gli stringenti vincoli imposti per il rispetto dell’ambiente, hanno indirizzato gran parte della ri-

cerca scientifica verso l'introduzione dei così detti "eco compositi".

Tra i diversi tipi di eco-compositi quelli che contengono fibre naturali e polimeri da fonti naturali rinnovabili, meglio se riciclabili e/o biodegradabili, hanno un ruolo chiave nel contesto descritto.

Considerando il prezzo elevato delle matrici eco-compatibili, che rappresenta la principale limitazione all'uso diffuso, attualmente il primo passo verso il raggiungimento di compositi *eco-friendly* è rappresentato dall'uso di fibre naturali come rinforzo anche in matrici sintetiche non *eco-friendly*. I biopolimeri sono polimeri derivati da risorse rinnovabili, generalmente mais, canna da zucchero, amido di patata o olio di ricino, e sono oggi materiali competitivi dal punto di vista prestazionale rispetto ai polimeri tradizionali derivati dal petrolio chimico. Si deve osservare tuttavia che non tutti i polimeri derivati da risorse rinnovabili sono totalmente biodegradabili e a "rifiuto zero". Esiste infatti una nuova categoria di polimeri parzialmente o totalmente derivanti da materiale di origine biologica che vengono realizzati combinando una percentuale variabile di un componente di derivazione naturale con componenti classici di derivazione fossile.

Al riguardo è interessante condurre un approfondimento su un settore in grande espansione e caratterizzato da notevoli e crescenti impatti ambientali: l'industria del tessile. Dal 2000 al 2015 il numero di capi di vestiario venduti in un anno nel mondo è raddoppiato. La produzione di 1 kg di tessuto comporta mediamente l'emissione di 23 kg di gas serra, specie a causa dell'utilizzo di fibre artificiali (*World Economic Forum, 2019*). La maggioranza dei capi sono composti di *mix* di materiali, il che rende il riciclaggio molto difficile (circa l'1% dei materiali che compongono un tessuto viene riciclato per farne vestiario). A causa poi dei trattamenti chimici richiesti dai tessuti, l'industria tessile è responsabile del 20% dell'inquinamento idrico industriale a livello mondiale (*World Economic Forum, 2019*). Considerati dunque la crescita del mercato e gli impatti ambientali dovuti alle attività dell'industria tessile, si spiega la marcata propensione all'introduzione di materiali ecocompatibili in sostituzione di fibre artificiali. Al riguardo, l'industria tessile appare come un settore applicativo a parte, ne fanno parte tessuti da fibre di latte, bambù, canapa o anche da materiali da riciclo (es. PET ricavato da bottiglie di plastica). La tecnologia ha permesso uno sviluppo notevole a questo settore industria-

le, caratterizzato da una sorprendente velocità di cambiamento. Una prima rivoluzione tecnologica a livello di mercato si può ricondurre ai tessuti tecnici, quando al nylon nero si alternava la fibra di poliestere e una di tessuti stretch. Attualmente vi è un ritorno alla naturalità anche nei tessuti cosiddetti sintetici, anch'essi stanno diventando naturali per acquisire l'aspetto e la "mano" del cotone o della lana senza perdere le proprie caratteristiche di *performance*.

Il lino può essere assunto, invece, come esempio per l'impatto ambientale di qualunque fibra estratta da stelo (juta, canapa, kenaf, ecc.).

L'estrazione di fibre da foglia presenta maggiore impatto sulla filatura, di solito più difficile e che richiede più trattamenti chimici spesso altamente inquinanti e impattanti per l'ambiente. L'estrazione permette la rimozione della pectina dalle fibre (in particolare quelle estratte dallo stelo, cioè decorticate). L'estrazione può essere naturale (macerazione e decorticazione in campi allagati, a opera dei batteri) oppure enzimatica per mezzo di pectinasi (danneggia meno le fibre). Se non si ottengono sufficienti proprietà meccaniche, può essere necessario un trattamento delle fibre: ipoclorito di sodio (candeggina) soda caustica (trattamento generale) acetilazione benzoilazione. Il tutto con pesantissime ricadute ambientali che rendono vano il primitivo lodevole intento di produrre una fibra ecologica.

AREA INTERVENTO 2: bio filiere locali

Sarebbe poi fondamentale assicurare l'opportuno finanziamento e il necessario supporto allo sviluppo di bio filiere individuate in base alle caratteristiche e alle peculiarità territoriali. In questo contesto, è auspicabile che la bioeconomia reciti un ruolo di massima rilevanza.

"Bioeconomy and circular economy need to go together to develop synergies between the two systems in order to ensure that resources are used more productively and efficiently in both economics (...)" (European Bioeconomy Stakeholders Panel, 2017), questo è quanto recentemente dichiarato dai maggiori esponenti e portatori di interesse del settore a livello europeo.

La bioeconomia mira alla produzione di risorse biologiche rinnovabili e alla loro conversione in cibo, foraggio, prodotti bio e bioenergia. Essa interessa e coinvolge da un lato l'agricoltura, la gestione forestale, la pesca, l'industria del cibo e della carta e dall'altro anche parte dell'industria chimica, biotecnologica ed energetica. Tutti que-

sti settori sono dotati di un forte potenziale di innovazione per la moltitudine di aree scientifiche che interessano (*European Commission, 2012*). Al riguardo è significativo rilevare che il livello di innovazione e di sviluppo dei mercati relativi alla bioeconomia è in rapida crescita, specialmente nei settori relativi alla creazione di bioplastiche e composti bio. Le attività per l'innovazione si concentrano in particolare sulla sostituzione di risorse di origine fossile, su applicazioni nel settore agricolo, sulla produzione di bioplastiche da biomasse e rifiuti organici non commestibili.

Le risorse di origine biologica sono parte del ciclo naturale, che si rigenera e non produce rifiuti. Un improvviso ed esasperato ricorso a materiali di origine biologica, potrebbe tuttavia tradursi in un eccessivo sfruttamento delle risorse naturali. È, infatti, diffusa l'idea di poter perpetuare gli attuali stili di vita, sostituendo un materiale "dannoso" con un altro "bio", e dunque sostenibile. Ad esempio sostituendo le tazzine da caffè in plastica con tazze compostabili derivate dall'amido di mais. In questo caso, prima di definire teorie in merito alla sostenibilità dei processi a confronto, occorrerebbe analizzare i processi utilizzati attualmente per la produzione di amido di mais, nonché gli effetti collaterali della coltura stessa, nota per causare l'erosione del suolo e l'impiego di massicce dosi di pesticidi e fertilizzanti.

Negli anni recenti c'è stato un profondo cambiamento nell'approccio verso le problematiche ambientali e più genericamente dell'approccio alla sostenibilità. Questo percorso virtuoso ha portato le imprese dalla semplice reattività a modifiche normative o legislative, a un comportamento più attivo di miglioramento continuo di tutti i processi per la riduzione degli impatti. Questo nuovo approccio si apre a tutte le fasi di preparazione, produzione, trasformazione, uso e riciclo dei prodotti e si basa sulla valutazione del ciclo di vita e noto come metodologia LCA (*Life Cycle Assessment*) / LCT (*Life Cycle Thinking*).

L'obiettivo di questa metodologia è di analizzare un prodotto, un processo o un'attività durante tutte le fasi del suo ciclo di vita, per poterne identificare i potenziali effetti che produce sull'ambiente. L'LCA si basa sulla compilazione, quantificazione e valutazione di tutti gli ingressi e le uscite di materiali ed energia e degli impatti ambientali associati, attribuibili ad un prodotto nell'arco del suo ciclo di vita, includendo quindi l'estrazione delle materie prime e la loro lavorazione, la fabbricazione

del prodotto, il trasporto, la distribuzione, l'uso e l'eventuale riuso, la raccolta, lo stoccaggio, il riciclaggio, il recupero e lo smaltimento finale del rifiuto che deriva dall'utilizzo del prodotto. Questo strumento metodologico è compreso all'interno del più ampio approccio LCT. L'approccio LCT richiede alle aziende di cambiare il punto di osservazione delle valutazioni degli impatti ed estendere l'orizzonte dei propri obiettivi, puntando alla limitazione dell'uso di risorse naturali e degli impatti ambientali, economici e sociali, in tutte le fasi di cui si compone la catena valoriale del manufatto prodotto.

I risultati prospettati dagli studi LCT permettono di definire percorsi evolutivi diversi, più faticosi ma virtuosi e meno impattanti, che configurano il raggiungimento della sostenibilità energetico-ambientale e che a volte rivelano un forte impatto anche in altri settori. Emblematico in tal senso, per importanza e dimensione della problematica, il caso delle bioenergie. Per far fronte a un consumo atteso di energia mondiale dell'ammontare di 20 TW, bisognerebbe coltivare a biomassa un'area corrispondente a quasi tre volte tutta la terra coltivata usata per l'agricoltura a livello globale. L'uso di piante a grande resa energetica non cambierebbe di molto tale dato. La produzione agricola di biomasse – canna da zucchero, mais, soia – sottrae terreni alla produzione alimentare per le persone: le terre sfruttate per coltivare raccolti destinati alla produzione di energia sono strappate alla produzione di calorie, di "energia umana", in un mondo in cui la fame e la denutrizione non sono stati ancora vinti. È evidente quindi che un'analisi olistica del ciclo di vita è indispensabile per consentire una crescita reale e ecosostenibile di qualsiasi impresa.

Da questo esempio emerge come, senza l'adozione di una visione sistemica sugli impatti ambientali ed economici e sulle conseguenze che i nuovi materiali avrebbero sulle realtà già esistenti, le tesi alla base dell'auspicata "*circular economy*" rimangono sceve di concretezza.

Pur considerando dunque che anche la bioeconomia non è priva di possibili externalità ambientali negative (es: la trasformazione di biomateriali comporta la creazione di prodotti non biodegradabili, vedi alcune bioplastiche; il trattamento di materiali bio può avere dannosi impatti ambientali), essa ha un carattere fortemente territoriale ed è attualmente l'unico modello economico che preveda un completo e definitivo affrancamento dall'impiego di fonti fossili di energia.

Appaiono necessarie, e dunque quanto mai opportune, politiche di incentivazione che favoriscano la creazione e lo sviluppo di filiere locali per la valorizzazione degli scarti e dei residui, che mirino almeno a creare parità di condizione sul mercato tra prodotti fossili e bioprodotto.

Un esempio virtuoso, in tale ambito, può essere rappresentato dal progetto “*Circle economy in Amsterdam*”. Tale progetto riguarda il potenziale utilizzo dei rifiuti biologici comunali come materia prima per alimentare nuove bioraffinerie locali. I risultati mostrano vantaggi, in ottica di economia circolare, come generazione di nuovi posti di lavoro, crescita economica e abbattimento contestuale delle emissioni di CO₂.

AREA INTERVENTO 3: divieti e limitazioni

Inoltre uno Stato Membro, seriamente interessato a raggiungere le vere finalità che il modello economia circolare si pone, non dovrebbe avere alcuna remora ad adottare, attraverso il recepimento nell’ordinamento nazionale, veri e propri divieti nonché limitazioni alla produzione e alla commercializzazione di prodotti di origine fossile, non indispensabili e soprattutto non più sostenibili per la salute umana, l’ambiente e gli ecosistemi.

In questo senso, appaiono quanto mai opportune le recenti scelte adottate dal Parlamento europeo in materia di divieti sulla plastica “usa e getta”, costituente, secondo analisi specifiche, ben il 70% dei rifiuti marini. È stato, infatti, approvato il divieto al consumo di alcuni prodotti plastici monouso (es. posate, bastoncini, cannucce, ecc.). Tale divieto, considerando un tempo di due anni dalla pubblicazione del testo normativo definitivo in Gazzetta ufficiale, dovrebbe entrare in vigore nei paesi dell’Unione Europea dal 2021.

La politica di gestione del Fondo Sovrano della Norvegia, in questo contesto, costituisce un esempio virtuoso e offre degli ottimi spunti per l’individuazione di scelte di investimento compatibili dal punto di vista ambientale. Tale fondo, il più ricco al mondo, dopo aver deciso, nel 2017, di azzerare tutti gli investimenti nei settori del petrolio e del gas, ha annunciato la volontà di impegnarsi per combattere l’inquinamento derivante dalla plastica che colpisce gli oceani. Nello specifico, oggi il fondo sovrano norvegese investe in circa 9.000 imprese (70 nazioni) selezionate anche in base al loro livello di compatibilità ambientale. Queste imprese sono state scelte perché lo sviluppo del proprio business è diretta-

mente legato alla salute degli oceani. Se l’inquinamento da plastiche degli oceani continuasse ai livelli attuali, queste aziende ne subirebbero direttamente le conseguenze e gli investitori verrebbero penalizzati nel lungo periodo (*il sole 24 ore, 01/02/2018*).

AREA INTERVENTO 4: defiscalizzazione

Uno Stato Membro che voglia procedere a un virtuoso recepimento della normativa europea in materia di economia circolare, rafforzando realmente la gerarchia dei rifiuti secondo i principi che sono alla base della sua ideazione, dovrebbe poi riservare opportune risorse per incentivare (attraverso defiscalizzazione) l’acquisto di prodotti di alta qualità e realizzati secondo principi innovativi che li rendano davvero durevoli e ecocompatibili.

Esiste una crescente porzione del mondo industriale occidentale seriamente interessata alla sostenibilità ambientale, dunque all’innovazione tecnologica e progettuale. Queste realtà aziendali si mostrano idonee e disponibili al trasferimento, a livello operativo, dei risultati delle ricerche e, tuttavia, trovano difficoltà di approvvigionamento. Infatti, troppo spesso, anche nei casi in cui le aziende finanziano studi *ad hoc* per “giustificare” determinate scelte industriali, si rilevano *performance* ambientali non soddisfacenti. Le valutazioni *LCA* e *EPD* (*Environmental Product Declaration*) commissionate e diffuse dalle aziende sono spesso incomplete perché non considerano gli impatti e gli effetti collaterali della fase di fine vita del prodotto, che variano a seconda del contesto geografico. Un approccio orientato al ciclo di vita è ormai assolutamente indispensabile.

D’altra parte, sono molteplici le aziende che, in vari settori, hanno sviluppato modelli di eccellenza per la produzione, la distribuzione e l’utilizzo ecocompatibile dei prodotti che immettono nel mercato e che, per questo, meriterebbero opportune agevolazioni fiscali.

AREA INTERVENTO 5: formazione, informazione, sensibilizzazione pubblica

Infine, un altro ambito di azione di sicura rilevanza per lo sviluppo, specie nel lungo termine, dell’economia circolare è senz’altro rappresentato dalla formazione, dall’informazione e dall’adozione di opportune campagne di sensibilizzazione pubblica in materia di consumismo, di gestione degli scarti e di obsolescenza programmata.

5. CONCLUSIONI

La quantità di rifiuti prodotta dipende da un'ampia e complessa gamma di fattori che includono i livelli di attività economica, i cambiamenti demografici, le innovazioni tecnologiche, gli stili di vita e, più in generale, i modelli di produzione e di consumo. Gli obiettivi di prevenzione dei rifiuti non garantiscono quindi gli effetti sperati, qualora individuati prescindendo dalle politiche sui prodotti e sulle risorse.

Ad esempio, all'interno dell'Unione europea, sulla cui normativa in materia di economia circolare abbiamo concentrato la nostra analisi, alcune aree, potrebbero essere caratterizzate da una carenza attuazione, specie laddove la legislazione comunitaria pur venendo recepita correttamente da un punto di vista formale, non fosse accompagnata da azioni che abbiano un significativo impatto ambientale. Un'attuazione carente e lacunosa avrebbe senz'altro impatti devastanti in relazione a questioni di primaria importanza come il conferimento di rifiuti in discariche mal gestite o la spedizione di rifiuti pericolosi in violazione delle convenzioni internazionali. Sono necessarie informazioni più precise sugli impatti ambientali di aspetti complessi come la produzione e la gestione dei rifiuti, il loro recupero e riciclaggio. Quest'ultimo, per esempio, è una soluzione interessante e ampiamente diffusa per la gestione dei rifiuti, ma non sempre è anche quella più vantaggiosa. L'esempio delle materie plastiche può aiutare a chiarire questo punto. La fusione e la successiva ritrasformazione dei rifiuti plastici per il loro uso originario (per esempio per la produzione di tubature o bottiglie) può tradursi in molti casi in vantaggi significativi, ma quando le materie plastiche raccolte sono contaminate o non differenziate, i prodotti della loro trasformazione possono essere usati solamente in applicazioni non tecniche e sostituire materiali meno inquinanti come il legno o il cemento. In tal caso non si evita dunque la produzione di materie plastiche vergini e il riciclaggio diventa poco vantaggioso dal punto di vista ambientale. Le future politiche dovranno quindi fondarsi su informazioni più approfondite che non sono ancora disponibili al momento.

Un altro aspetto da considerare è che le quantità di rifiuti prodotte stanno aumentando di pari passo con la crescita economica. Poiché la prevenzione dei rifiuti può contribuire a ridurre l'onere ambientale derivante dalle attuali modalità di uso delle risorse, si rende evidente la necessità di com-

piere ulteriori passi in avanti nella lotta contro l'aumento della produzione di rifiuti. Le politiche da sviluppare non dovranno riguardare indiscriminatamente tutti i rifiuti, che possono essere più o meno inquinanti, ma rivolgersi a quei rifiuti che hanno un maggiore impatto sull'ambiente. Infatti l'implementazione del modello "economia circolare" appare una straordinaria opportunità di sviluppo solo per quei paesi che saranno in grado di dotarsi di una progettazione in funzione dell'ambiente, piuttosto che in vista del riciclo.

La valutazione degli effetti integrati delle scelte di programmazione e pianificazione orientate a una maggiore sostenibilità ambientale costituiscono un tema prioritario per tutti gli Stati Membri.

In tale contesto, la *Life Cycle Sustainability Assessment* (LCSA) può rappresentare un approccio metodologico efficace nella definizione di obiettivi di sostenibilità e strategie innovative nella sfida nel supporto ai processi decisionali delle policy pubbliche e aziendali.

Le difficoltà da superare per arrivare a questo traguardo sono tante: la responsabilizzazione delle persone, la disponibilità di informazioni ambientali, la definizione degli scenari di durata dei materiali, nonché l'integrazione di indicatori relativi alla sostenibilità economica che si affianchino a LCA e LCT. Infatti l'analisi dei costi degli impatti ambientali (LCC) associati ai beni e servizi è una fase importante per definire, sulla base di determinate esigenze e necessità, quali possono essere le risposte migliori e maggiormente efficienti non solo dal punto di vista ambientale, ma anche da quello economico. È quindi imprescindibile orientare gli studi, la ricerca e le normative verso l'uso e l'applicazione di strumenti adeguati per il raggiungimento di una reale sostenibilità in un'ottica di medio e lungo termine.

È dunque di vitale importanza, al fine di garantire la convenienza economica e la sostenibilità ambientale del processo, concentrare e coordinare gli sforzi della ricerca di base, sostenere, con decisione e attraverso l'impegno di opportune risorse finanziarie, sia la ricerca di base che quella sperimentale, industriale e applicativa, per ottimizzare le fasi di produzione e di estrazione/formulazione del prodotto finale.

Parlando di prevenzione dei rifiuti, è chiaro quindi che molti aspetti a essa relativi possono essere gestiti con maggiore efficacia a livello nazionale, regionale o locale. Il punto è stabilire, al di là delle apparenze, fino a che punto gli obiettivi individuati a livello europeo siano realmente connessi con questa constatazione.

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Riccardo Barlaam (2018) I primi 10 fondi sovrani al mondo. Il sole 24 ore, numero del 01/02/2018.
- British Standard (2017) Framework for implementing the principles of the circular economy in organizations. U.K., B.S. n. 8001:2017.
- Stefano Cernuschi, Mario Grosso (2014) Implicazioni ambientali dell'utilizzo di combustibili alternativi derivati da rifiuti nella produzione di cemento – Emissioni atmosferiche di inquinanti in traccia e caratteristiche ambientali del prodotto finale. Piacenza, LEAP Laboratorio Energia e Ambiente Piacenza.
- Commissione europea (2018) Report on Critical Raw Materials and the Circular Economy. Bruxelles, 16/01/2018.
- Commissione europea (2018) A European Strategy for Plastics in a Circular Economy. Bruxelles, 16/01/2018.
- Environment Agency (2008) The use of substitute fuels in the UK cement and lime industries". Bristol, Science Report n. SCO30168.
- E.E.A (2016) Circular economy in Europe. Copenhagen, report n. 2/2016".
- E.E.A. (2018) Circular economy and bioeconomy. Copenhagen, report n. 8/2018.
- Eurostat (2019) Riciclaggio in crescita, ma niente mercato per prodotti ottenuti. Speciale Economia Circolare 04 marzo 2019.
- Luca Gaetani, Massimo Mari, et al. (2007) Il coincenerimento nella gestione integrata dei rifiuti solidi urbani. Roma, Staffetta Quotidiana, 2007 n. 224 del 08/12/2007.
- Francesco Geri, Antonio Fardelli, Massimo Mari, et al. (2016) Metodologie per la gestione di eventi NaTech – Roma, Istituto Superiore Antincendi VGR 2016 (ISBN 978-88-902391-8-2).
- Roland Geyer, Jenna R. Jambeckand, Kara Lavender Law (2017) Production, use, and fate of all plastics ever made. Science Advances 19 July 2017: Vol. 3, no. 7, e1700782 DOI: 10.1126/sciadv.1700782.
- Health and safety (2017) Health and safety statistics for the waste sector in Great Britain. Bootle (UK), Health and safety Executive report.
- ISPRA (2017) Rapporto rifiuti urbani 2017. Roma, ottobre 2017.
- ISPRA, Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (2017) - Il ruolo della termovalorizzazione nell'economia circolare. Roma, 26/03/2017. Comunicazione n. 34 della Commissione europea al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni. Audizione alla XIII Commissione del Senato.
- Joint Research Centre (2018) Best available techniques – Reference document for waste incineration. Bruxelles, dicembre 2018.
- Massimo Mari, Antonio Fardelli, Francesco Geri, Francesco Astorri (2017) Climate change, NaTech events and required adaptation. Roma, Accademia Nazionale dei Lincei, (ISBN 978-88-218-1167-8 pag. 100/110).
- Network Business for Sustainability & Politecnico di Bari (2011) Alternative energy sources in cement manufactu-
- ring – A systematic review of the body of knowledge. Politecnico di Bari.
- Science Advances, 2017 Production, use, and fate of all plastics ever made. Washington D.C., 19 Jul 2017, Vol. 3, no. 7.
- U.N.E.P. (2018) Annual Report. Nairobi, febbraio 2018.
- World economic forum (2016) The new plastics economy. Rethinking the future of plastics. Cologny, report del 20-23/01/2016.

7. SITI WEB

- Commissione Europea (2015) Circular economy: definition, importance and benefits, disponibile su: <http://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/priorities/circular-economy/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>
- Commissione Europea (2016) Implementation of circular economy action plan, disponibile su: http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm
- Commissione Europea (2018) The circular economy package, disponibile su: <https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/priority-themes/circular-economy-cities>
- Fondazione sviluppo sostenibile (2016) Rifiuti e circular economy, disponibile su: <https://www.fondazionevilupposostenibile.org/rifiuti-circular-economy>
- Fondazione sviluppo sostenibile, FISE Unicircular (2018) L'Italia del riciclo 2018, disponibile su: www.fondazionevilupposostenibile.org
- Green Report (2018) Come cambiare i propri consumi per ridurre l'inquinamento da rifiuti plastici in mare, disponibile su: <http://www.greenreport.it/news/consumi/come-cambiare-i-propri-consumi-per-ridurre-linquinamento-da-rifiuti-plastici-in-mare/>
- Infobuild (2018) Il riciclo della plastica: una soluzione per ridurre l'inquinamento, disponibile su: <https://www.infobuild.it/approfondimenti/riciclo-plastica-soluzione-ridurre-inquinamento>
- Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, ISPRA (2018) Inventario nazionale stabilimenti a rischio di incidente rilevante, disponibile su: <https://www.rischioindustriale.isprambiente.gov.it/seveso-query-105/lo-gin.php>
- National Geographic (2017) La plastica prodotta nel mondo pesa come un miliardo di elefanti, disponibile su http://www.nationalgeographic.it/ambiente/2017/12/14/news/sopra_un_mondo_di_plastica-3792305/
- O.E.C.D. (2013) Material resources, productivity and the environment: key findings, disponibile su: www.oecd.org.
- Sustainable Europe Research Institute (2017) From Imperialist Lifestyle to Circular Economy, disponibile su: <http://www.seri.at/en>
- UN Environment (2018) The weight of cities, disponibile su: <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/story/weight-cities>
- World Economic Forum (2019) Fashion has a huge waste problem. Here's how it can change, disponibile su: <https://www.weforum.org/agenda/2019/02/how-the-circular-economy-is-redesigning-fashion-future/>

VALUTARE L'ECONOMIA CIRCOLARE SECONDO UN APPROCCIO DI LIFE CYCLE THINKING: L'ATLANTE ITALIANO DELL'ECONOMIA CIRCOLARE

Silvia Pezzoli^{1*}, Silvia Vaghi¹

¹ Consorzio Poliedra, Politecnico di Milano.

Sommario – L'Atlante Italiano dell'Economia Circolare è una piattaforma web interattiva che dal 2017 censisce le esperienze delle realtà economiche e associative impegnate ad applicare, in Italia, i principi dell'economia circolare. L'Atlante è stato realizzato da Ecodom, consorzio per il recupero dei rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche e da CDCA – Centro Documentazione Conflitti Ambientali – in partnership con altri soggetti del terzo settore e della ricerca, fra cui Poliedra. In questo contesto, è stato adottato un approccio alla valutazione dell'economia circolare che considera in maniera integrata tutti gli aspetti e gli attori coinvolti nel ciclo di vita di prodotti e servizi. Sono stati infatti valutati come circolari prodotti, servizi, processi e, in generale, iniziative orientate alla minimizzazione delle risorse immesse nel ciclo e degli scarti prodotti in ogni fase del ciclo produttivo nonché fondati sulla piena sostenibilità ambientale e sociale. A partire dai contributi forniti nell'ambito del Comitato scientifico dell'Atlante, il presente articolo mira a descrivere:

- 1) il set di criteri di valutazione della circolarità e della sostenibilità ambientale e sociale delle diverse iniziative considerate come economia circolare,
- 2) l'attenzione posta dalle iniziative mappate nell'Atlante sul tema dei rifiuti lungo l'intero ciclo di vita evidenziando, in particolare:
 - a) gli orientamenti in riferimento alle azioni di prevenzione, riuso, riciclaggio e recupero;
 - b) la capacità di agire in maniera integrata e lungo tutte le fasi del ciclo con il fine di prevenire la produzione di scarti e rifiuti e, quando questo risulta inevitabile, promuovendo la loro trasformazione in nuove risorse e materie;
- 3) le principali tipologie di azioni messe in atto nelle diverse fasi del ciclo con riferimento al tema dei rifiuti.

Parole chiave: valutazione, economia circolare, sostenibilità ambientale, rifiuti, ciclo di vita.

THE LIFE CYCLE THINKING APPROACH TO ASSESSING THE CIRCULAR ECONOMY: THE CIRCULAR ECONOMY ITALIAN ATLAS

Abstract – The Circular Economy Italian Atlas is a web interactive platform launched in December 2017 that collects and describes more than 200 Italian experiences carried out by economic and associative organizations committed in the application of circular economy principles. It was realized by Ecodom (the largest Italian Household Appliance Recovery and Recycling Consortium) and by CDCA (Documentation Centre on Envi-

ronmental Conflicts) with the support of other research centres and NGOs, including Poliedra Consortium. The Atlas includes initiatives concerning circular production models, products, services, secondary raw materials, research projects and enabling technologies for circular economy. In order to be included in the Atlas, each circular economy initiative is assessed against ten criteria designed according to Life Cycle Thinking approach. Seven of the abovementioned criteria refer mostly to circularity (e.g. raw materials input and waste minimization) and are designed following the production and consumption cycle: eco-design, raw material supply, energy and natural resources consumption, waste and emissions management, transport and distribution, sustainable life style promotion, circular production chain. In addition, three criteria refer mainly to social and environmental sustainability: shared value and local communities, social inclusiveness, environmental standards and prizes. Based on a sample of 81 cases included in the Atlas, the article analyses to what extent the initiatives are coherent to the EU priorities on waste management (i.e. waste prevention, re-use, recycle, energy recovery) and to what extent they positively act in the different production and consumption cycle phases according to a LCT approach. The article presents also a qualitative analysis, presenting some of the most relevant initiatives for each phase of the production and consumption cycle, referred to waste management and secondary raw materials. The sample shows a substantial coherence with EU waste management priorities: 88% of the initiatives declare to act for waste prevention and 79% of the initiatives declare to be active in the field of re-use and the same percentage in the field of recycle. Moreover, the sample shows to adopt a LCT approach, as the prevention and waste management is adopted in different phase of the life cycle. 74% of the initiatives consider waste management and prevention since the eco-design phase, 51% of the initiatives acts in the raw material supply reduction, all the initiatives contribute to waste management, 81% of the initiatives support sustainable consumption in order to minimize waste production and maximise reuse and recycle. In addition, most initiatives use tools to support eco-design, such as LCA, even if they are less inclined to adopt environmental and social tools such as environmental management schemes (ISO 14.001 or EMAS), environmental labels and social accountability tools. In conclusion, the Atlas criteria appear to be an appropriate tool to evaluate the coherence of circular initiative with a LCT approach and to verify the approach to waste prevention and management all along life cycle. As concern the contents of the initiatives, there are some fields that are under-represented and that can be considered for further development in a circular economy perspective. Among others, we highlight packaging (design, new materials, technological and organization

* Per contatti: Via Giuseppe Colombo 40, 20133 Milano. Tel. 02.2399.2936, e-mail: silvia.pezzoli@polimi.it.

solutions), reverse logistic planning, material use efficiency. Finally, the structure and contents of the Atlas are suitable for qualitative analysis, but they don't allow quantitative analysis such as circularity indicators and indexes calculation. Quantitative investigations could be developed after quantitative data collection for a more interesting experience also in order to calculate performance indexes or to define circular initiatives benchmarks.

Keywords: *assessment, circular economy, environmental sustainability, waste, lifecycle.*

Ricevuto il 15-4-2019; Accettazione finale il 26-6-2019.

1. INTRODUZIONE

1.1. Il progetto *Storie di Economia Circolare e l'Atlante Italiano dell'Economia Circolare*

Il progetto *Storie di Economia Circolare*, promosso a partire dal 2017 da Ecodom – Consorzio italiano per il recupero dei rifiuti elettronici – e CDCA – Centro di Documentazione sui Conflitti Ambientali – con la collaborazione, oltre al Consorzio Poliedra, di Fondazione Ecosistemi, l'Associazione A sud, l'Associazione Zona e Banca Etica, si occupa di progettare e implementare strumenti di sensibilizzazione, informazione e networking sul tema dell'economia circolare. Attraverso lo scambio di esperienze e la partecipazione alle iniziative proposte, *Storie di Economia Circolare* mira a innescare nelle imprese, nelle organizzazioni del terzo settore e negli altri promotori della transizione verso la circolarità, processi di consapevolezza, favorendo la promozione di nuovi modelli economici fondati sulla piena sostenibilità ambientale e sociale.

Nell'ambito del progetto *Storie di Economia Circolare* è stato progettato e implementato l'*Atlante Italiano dell'Economia Circolare*, (d'ora in poi *Atlante*), disponibile online tramite una piattaforma web interattiva (www.economicircolare.com).

L'*Atlante* si propone di mappare iniziative di diverso genere promosse da imprese, organizzazioni del terzo settore, istituzioni ed enti di ricerca impegnati ad applicare i principi dell'economia circolare.

Il Consorzio Poliedra partecipa al Comitato scientifico dell'*Atlante* e in questo contesto ha curato l'elaborazione del sistema di criteri per la valutazione delle caratteristiche di circolarità e di sostenibilità delle iniziative, sviluppando in particolare la dimensione ambientale. Il sistema di criteri e i relativi strumenti di mappatura (questionari) sono stati validati dal Comitato Scientifico, per garantire un riferimento scientifico e un approccio multidisciplinare.

La mappatura delle iniziative contenute nell'*Atlante* è stata sviluppata in due fasi: inizialmente il team di CDCA si è occupato della ricerca e selezione di realtà virtuose e pratiche esemplari e ha seguito, con la collaborazione delle stesse organizzazioni, la compilazione di una prima versione di questionario; in seguito a questa prima fase è stato possibile testare l'adeguatezza del questionario e verificare la completezza dei criteri presi a riferimento per la valutazione della circolarità e della sostenibilità delle iniziative, individuando spazi di miglioramento.

Nella seconda fase della mappatura, a seguito di revisione della griglia di criteri e del questionario, questo è stato implementato online aprendo anche alla possibilità di auto-candidatura spontanea da parte degli utenti. La validazione di tali candidature spontanee ricevute online è effettuata con il coinvolgimento del Comitato Scientifico del progetto, prendendo a riferimento il set di criteri già citato e che sarà descritto nel paragrafo 2.1.1.

Iniziative mirate alla divulgazione dell'*Atlante* e l'organizzazione del concorso per lo storytelling delle *Storie di Economia Circolare*, hanno portato alla mappatura di circa 200 esperienze di realtà economiche e associative impegnate ad applicare i principi dell'economia circolare. Di queste, 81 sono state mappate nella seconda fase del progetto e dispongono di una base informativa completa e sistematizzata: tale campione rappresenta l'oggetto dell'indagine descritta nel presente articolo.

1.2. *La sfida della valutazione delle iniziative nell'ambito dell'economia circolare*

Monitorare i progressi verso l'economia circolare è una sfida aperta che presenta diversi elementi di complessità, come la necessità di descrivere un cambiamento sistemico dell'economia, costituito da molteplici sfaccettature (allungamento della vita dei prodotti, riparabilità, riutilizzabilità, riciclabilità), nel quale devono essere considerati elementi comportamentali che favoriscono la transizione (passaggio da prodotto a servizio, sharing) (CE, 2018a) e in cui è importante definire indicatori applicabili alle diverse scale: da micro (singole iniziative) a macro (Unione Europea, Stati).

La definizione dei temi e dei criteri per la valutazione delle iniziative dell'*Atlante* nasce dall'esigenza di comprendere e valutare in modo univoco come le diverse realtà mappate rispondano ai principi di circolarità agendo in tutte le fasi del ciclo di produzione e consumo, considerando sia l'uso del-

la materia che dell'energia e delle altre risorse naturali come l'acqua, applicando e declinando di fatto un approccio coerente con la valutazione ambientale del ciclo di vita dei prodotti. Inoltre, ispirandosi ai principi della valutazione sociale del ciclo di vita dei prodotti (UNEP, 2009), che permettono di considerare anche gli aspetti sociali e socio-economici del ciclo di vita dei prodotti in piena coerenza con i principi dello sviluppo sostenibile (EA-SAC, 2016), il sistema valuta anche alcune dimensioni sociali, quali il valore condiviso, gli effetti sulle comunità territoriali, l'inclusività sociale.

Diverse istituzioni (Commissione Europea, Fondazione Ellen McArthur, Ministero dell'Ambiente) si sono impegnate negli ultimi anni nella definizione di sistemi di valutazione della transizione verso l'Economia Circolare portando a individuare set di indicatori e criteri che appaiono un utile riferimento per comprendere le scelte e le specificità dell'Atlante e ancorarle al dibattito più ampio che si sta svolgendo in Europa e in Italia sul tema. A questo proposito, la Commissione Europea nella sua Comunicazione su un quadro di monitoraggio dell'economia circolare sottolinea l'importanza del monitoraggio della transizione verso l'Economia Circolare, definendo un sistema valutativo che considera tutti i livelli del ciclo di vita delle risorse, prodotti e servizi. A questo scopo identifica 10 indicatori, raggruppati in quattro fasi / aspetti dell'economia circolare: la produzione e consumo (declinati in: autosufficienza EU per le materie prime, Green Public Procurement, produzione di rifiuti, rifiuti alimentari), la gestione dei rifiuti (considerando i tassi di riciclaggio complessivi e per specifici flussi di rifiuti), la produzione di materie prime secondarie (cioè il contributo delle materie prime seconde alla domanda di materie prime e l'import/export delle materie prime seconde) e, come elemento trasversale, la competitività e l'innovazione (analizzando gli investimenti, il lavoro e il valore aggiunto dei settori afferenti l'Economia Circolare e il numero di brevetti legati alla gestione dei rifiuti e al riciclo) (CE, 2018a).

Questo sistema di valutazione si presta per monitorare la transizione verso l'economia circolare a macro-scala, cioè a livello comunitario, degli Stati Membri, delle Regioni europee, in particolare focalizzando il raggiungimento degli obiettivi delle politiche comunitarie (il Pacchetto Economia circolare, il Programma Horizon), ma non è adatto per la valutazione di micro-scala, cioè per singole iniziative e le loro prestazioni. Tuttavia, anche per le valutazioni di micro-scala il riferimento alle me-

desime fasi (o a sotto-fasi di queste) può permettere di costruire sistemi coerenti alle varie scale. A questo proposito, l'Atlante si struttura secondo le fasi del ciclo di produzione e consumo, ulteriormente declinate per poter cogliere le specificità della micro-scala (Design, Approvvigionamento di risorse, Produzione, ecc.). Non è invece presente una dimensione relativa all'innovazione, ma solo alcuni indicatori di tipo socio-economico (es. posti di lavoro nei settori dell'Economia Circolare). Il tema della valutazione alle varie scale è affrontato in Italia, dal documento "Economia circolare ed uso efficiente delle risorse – Indicatori per la misurazione dell'economia circolare" (MATTM, 2018), che propone indicatori per misurare la circolarità dell'economia a livello macro (sistema paese), meso (regione, distretto, settore, ecc.) e micro (singola impresa, singolo comune).

In questo caso, in coerenza con i nuovi modelli di impresa a supporto dell'economia circolare individuati in "Verso un modello di economia circolare per l'Italia. Documento di posizionamento strategico" (MATTM, 2017), gli indicatori individuati sono organizzati secondo 5 categorie: Input (si riferisce agli aspetti relativi all'utilizzo di materie prime vergini e alla loro minimizzazione, considerando anche le fasi di progettazione, produzione e distribuzione), Prodotto come servizio (si tratta di un modello di business per cui il cliente non paga per possedere un prodotto, ma per l'accesso al suo utilizzo, rappresentando una rilevante opportunità di innovazione e di riduzione dell'impatto ambientale), Condivisione/affitto/noleggio, uso e consumo (che rappresenta un'opportunità di riduzione dei costi di accesso a prodotti e servizi, un'occasione di interazione sociale, una soluzione per aumentare l'utilizzo dei beni e, quindi, di ridurre il numero di prodotti che sarebbero necessari), Estensione vita utile, riutilizzo e riparazione (si tratta di azioni volte ad estendere il periodo di vita utile del prodotto), Output (concerne la preparazione per il riutilizzo, al recupero e riciclaggio dei rifiuti, la trasformazione degli end of waste in prodotti, l'utilizzo dei sottoprodotti).

La logica delle categorie individuate è dunque differente da quella adottata a livello europeo, perché coniuga da un lato gli input (minimizzazione dell'uso delle materie prime) e gli output (riutilizzo/recupero/riciclo di rifiuti e scarti) dei processi e dall'altro dettaglia specifiche soluzioni che permettono di ridurre la produzione di rifiuti in particolare nella fase del consumo, grazie alla maggiore efficienza nell'uso dei prodotti, alla condivisione, all'estensione della loro vita utile.

Questi elementi, e in diversi casi gli indicatori stessi, si ritrovano all'interno delle dimensioni valutative dell'Atlante, sebbene come già visto quest'ultimo sia organizzato secondo temi che seguono il processo di produzione/consumo di un bene/servizio, dunque con una logica che appare più simile a quella adottata dal quadro di monitoraggio europeo. Infine, il documento ministeriale evidenzia che una valutazione completa dovrebbe includere nell'analisi anche *“il complesso degli aspetti ambientali e sociali, che caratterizzano un sistema economico/prodotto/servizio circolare rispetto ad un sistema economico/prodotto/servizio lineare”*.

A questo proposito, l'Atlante raccoglie la sfida di integrare, seppur in maniera non del tutto esaustiva, la valutazione degli aspetti sociali all'interno della mappatura delle iniziative circolari. Riferendosi e prendendo spunto dai metodi della valutazione del ciclo di vita dal punto di vista sociale e socio-economico (S-LCA) (UNEP, 2009), individua pertanto dei criteri che operino in via complementare alle valutazioni di carattere ambientale e tengano conto dei diversi stakeholder coinvolti (es. soggetti della filiera, consumatori, dipendenti).

A partire da queste brevi premesse, nel paragrafo 2.1.1 sono descritti nel dettaglio i criteri adottati dall'Atlante per la valutazione delle iniziative.

2. MATERIALI E METODI

La definizione di economia circolare adottata nell'ambito del progetto Storie di Economia Circolare considera come centrale, oltre agli aspetti di minimizzazione del consumo di risorse e della produzione di scarti e rifiuti in ogni fase del ciclo di vita di prodotti e servizi (EEA, 2016), la capacità di intercettare tutti i soggetti coinvolti lungo l'intero ciclo e gli aspetti di sostenibilità sociale e ambientale, ovvero la capacità di realizzare valore sociale e ambientale nei territori e presso le comunità in cui le organizzazioni sono insediate.

Pertanto, i criteri con cui si è scelto di valutare le candidature all'Atlante sono stati raggruppati in 7 temi che descrivono prevalentemente le caratteristiche di circolarità delle organizzazioni e delle iniziative, articolandosi lungo il ciclo di produzione e consumo, e 3 temi prevalentemente rivolti alla rilevanza della sostenibilità ambientale e sociale.

Nei paragrafi seguenti si descrivono:

- la griglia di criteri utilizzati per realizzare la mappatura delle iniziative e i relativi questionari;
- il campione di iniziative oggetto di indagine;
- gli obiettivi e i metodi utilizzati per l'indagine.

2.1. Metodologia utilizzata per la mappatura

2.1.1. Criteri per la valutazione delle iniziative

I criteri di valutazione sono stati individuati con un approccio Life Cycle Thinking e sono descritti secondo i seguenti 7 temi di circolarità, che considerano approcci, azioni e strumenti orientati prevalentemente alla chiusura dei cicli:

- eco-design;
- approvvigionamento di materiali e risorse;
- consumo di risorse naturali e materia;
- gestione di rifiuti, scarti ed emissioni;
- trasporti e distribuzione;
- promozione di stili di vita sostenibili;
- filiera circolare;

e i seguenti 3 temi di sostenibilità, che tengono conto di approcci, azioni e strumenti rivolti prevalentemente a massimizzare la sostenibilità ambientale e sociale delle iniziative:

- valore condiviso e comunità territoriali;
- inclusività sociale;
- riferimenti a standard ambientali e riconoscimenti ottenuti.

Ognuno di questi temi, nel dettaglio, è stato articolato in modo da comprendere tutti gli aspetti utili a valutare le iniziative proposte alla mappatura nell'Atlante. Di seguito se ne riporta la declinazione puntuale.

Per quanto riguarda l'*Eco-design* si è tenuto in considerazione:

- progettazione della produzione con finalità di: allungare la vita dei prodotti; assicurare una seconda vita ai prodotti pensandoli flessibili e adattabili; recuperare i prodotti a fine vita; eliminare, ridurre, progettare una seconda vita degli imballaggi;
- sostegno al passaggio dalla vendita di prodotti alla fornitura di servizi per l'uso di prodotti;
- pianificazione in ottica sistemica della logistica e dei flussi di ritorno;
- ricorso a strumenti a supporto della progettazione in ottica di ciclo, quali LCA.

In relazione al tema dell'*Approvvigionamento di materiali e risorse* si è tenuto conto di:

- sostituzione delle materie prime vergini (anche critical raw materials), non rinnovabili e provenienti da fonti fossili con materie prime seconde o biomateriali;
- sostituzione delle materie e sostanze inquinanti, tossiche, pericolose per la salute e l'ambiente;
- sostituzione dell'energia e dei carburanti da fonti fossili con energia e carburanti prodotti da fonti rinnovabili.



Figura 1 – I dieci temi in cui si articolano i criteri di valutazione

Il tema relativo al *Consumo di risorse naturali e materia* considera i seguenti aspetti:

- efficienza energetica mediante riduzione dei consumi energetici e di carburante; presenza della figura di energy manager nell'organizzazione;
- efficienza idrica;
- efficienza nell'utilizzo di materia a parità di produzione.

Riguardo al tema *Gestione rifiuti, scarti ed emissioni* si è tenuto in considerazione

- prevenzione della produzione di rifiuti e scarti;
- recupero di materia e energia da rifiuti e scarti;
- miglioramento della gestione dei rifiuti prodotti non evitabili, aumentando la quota di rifiuti e scarti conferiti in maniera differenziata e avviati a riciclo;
- prevenzione e riduzione delle emissioni inquinanti in acqua e/o in atmosfera;
- misurazione, prevenzione, riduzione delle emissioni climalteranti e compensazione di quelle non evitabili.

In relazione al tema dei *Trasporti e distribuzione* si sono considerati gli impatti ambientali dei trasporti connessi alle varie fasi del processo produttivo e della logistica, ovvero:

- ottimizzazione della distribuzione;
- considerazione nella costruzione dei prezzi dei prodotti delle esternalità derivanti dai trasporti in tutto il ciclo produttivo;
- shift modale verso sistemi di distribuzione di lungo raggio/urbana sostenibile;
- adesione a sistemi di certificazione dei trasporti e logistica.

Nel tema relativo alla *Promozione di stili di vita sostenibili* sono stati considerati gli aspetti legati a:

- promozione di comportamenti virtuosi dei dipendenti, soci e volontari delle organizzazioni attraverso l'uso e la diffusione di strumenti a supporto di: mobilità sostenibile; riduzione della produzione e corretta gestione dei rifiuti; riduzione del consumo di energia e acqua;
- promozione di comportamenti virtuosi dei consumatori attraverso l'uso e la diffusione di strumenti di comunicazione e informazione per l'accompagnamento verso: acquisti a maggiore sostenibilità; corretto riutilizzo, riciclo, conferimento dei beni a fine vita; consapevolezza dei vantaggi del consumo sostenibile; scambio e riutilizzo di beni non utilizzati.

Per quanto riguarda il tema relativo alla *Filiera circolare* si è tenuto conto di:

- selezione dei fornitori sulla base di criteri di sostenibilità, attraverso: l'uso di un sistema di pre-qualificazione ambientale e sociale dei fornitori; l'utilizzo di criteri ambientali e sociali per gli acquisti "caratteristici" e "ordinari";
- sostegno alla formazione di reti commerciali locali, attraverso: la selezione di fornitori locali; la vendita prioritariamente su mercato locale;
- supporto a meccanismi di simbiosi industriale, attraverso l'attivazione di partnership e accordi per la collaborazione stabile tra soggetti finalizzata allo scambio di risorse.

In relazione a *Valore condiviso e comunità territoriali* sono stati considerati i seguenti aspetti:

- incremento della compatibilità ambientale e/o del valore sociale della filiera e degli stakeholder, attraverso: iniziative di comunicazione e formazione rivolte agli attori della filiera; la selezione dei propri intermediari finanziari;
- incremento della biodiversità economica, attraverso la creazione di nuove figure professionali connesse all'Economia Circolare e realtà economiche, sociali, culturali collegate alla mission aziendale;
- creazione di ricchezza locale, attraverso: impiego di personale locale; realizzazione di iniziative volte alla valorizzazione delle comunità e del patrimonio territoriale.

In relazione al tema dell'*Inclusività sociale* i criteri hanno tenuto conto di:

- miglioramento della qualità della vita e del benessere del lavoratore e della sua famiglia, attraverso iniziative di welfare aziendale;
- promozione dell'uguaglianza e dell'integrazione di genere;

- promozione dell'inclusione e integrazione lavorativa e sociale di soggetti fragili.

Tra i Riferimenti a standard ambientali e riconoscimenti ottenuti si è tenuto conto di:

- adesione a sistemi di gestione ambientale e/o energetica;
- utilizzo di strumenti per l'informazione e la comunicazione della qualificazione ambientale e sociale dell'impresa e dei propri prodotti e servizi;
- menzioni, premi, riconoscimenti, citazioni in articoli e stampa dei prodotti e/o dei servizi a contenuto di economia circolare.

2.1.2. Rilevazione delle informazioni

Sulla base dei criteri elencati e (sinteticamente) descritti nel paragrafo precedente, è stato costruito uno strumento di rilevazione delle informazioni, che ha preso la forma di questionario articolato sulla base della tipologia di soggetto che presenta un'iniziativa da mappare nell'Atlante e della categoria di iniziativa presentata; tale strumento ha permesso di raccogliere informazioni qualitative relative a:

- gli orientamenti generali delle organizzazioni rispetto ai criteri di circolarità e sostenibilità ambientale e sociale (Figura 2 – sezione A.2),
- i contenuti specifici delle iniziative candidate alla mappatura nell'Atlante con riferimento ai 10 temi in cui si articolano i criteri (Figura 2 – sezione B.2).

2.2. Il campione oggetto dell'indagine

L'indagine cui si riferisce il presente articolo riguarda un campione di 81 iniziative tra quelle mappate nell'Atlante, per le quali le informazioni sono state rilevate nella seconda fase del progetto seguendo l'articolazione dei criteri descritta nel paragrafo 2.1.1. Oltre la metà delle iniziative campione (59%) sono state attivate da imprese o altri soggetti profit, il 41% da associazioni o altre organizzazioni no-profit, mentre solo l'1% da enti di ricerca. Non sono presenti iniziative svolte da istituzioni pubbliche. Considerando la tipologia di iniziativa, il campione comprende:

- 31 "modelli circolari", cioè realtà i cui cicli produttivi hanno caratteristiche di circolarità in tutte le fasi o che hanno nei propri obiettivi il contributo e la promozione dell'economia circolare;
- 7 "prodotti circolari" e 19 "servizi circolari", cioè prodotti / brand / servizi realizzati o forniti applicando i principi dell'economia circolare;
- 7 "materie prime seconde" realizzate a partire da materiali di scarto e rifiuti;
- 3 "prodotti, attrezzature, tecnologie e impianti abilitanti", il cui utilizzo rende possibile l'attivazione di pratiche circolari;
- 14 "progetti di ricerca o sperimentazioni" con focus sull'economia circolare.

Come sintetizzato nel grafico in Figura 3, dal punto di vista della distribuzione delle iniziative in re-

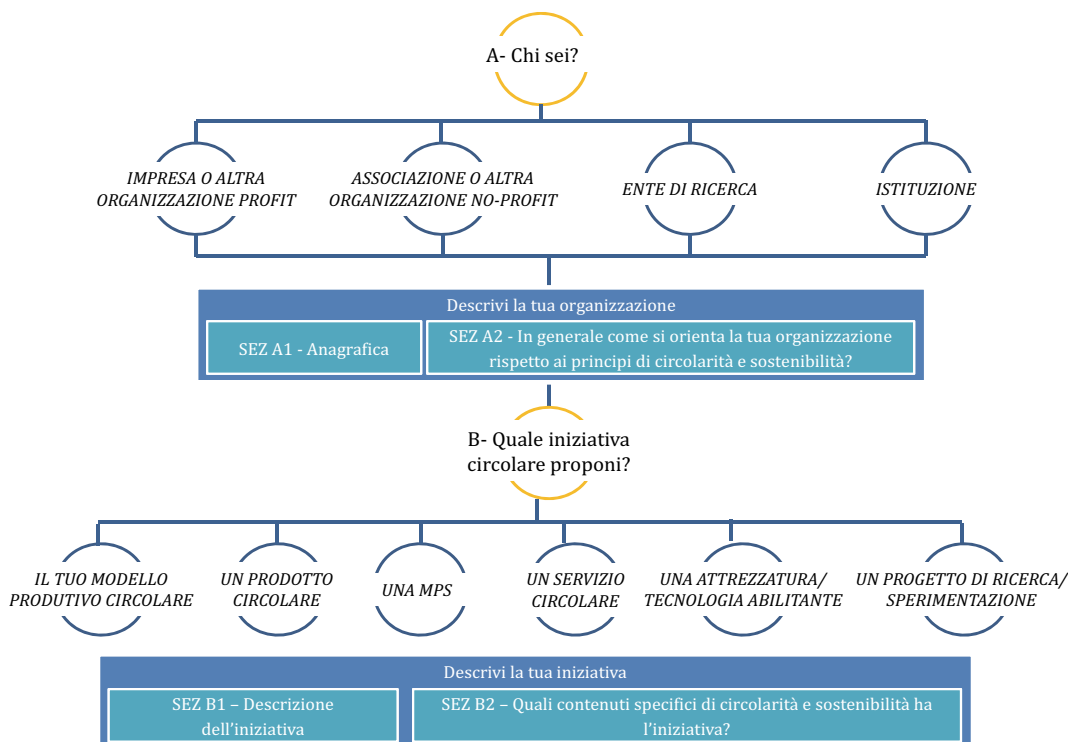


Figura 2 – Schema di accesso al questionario per la mappatura delle iniziative dell'Atlante di Economia circolare

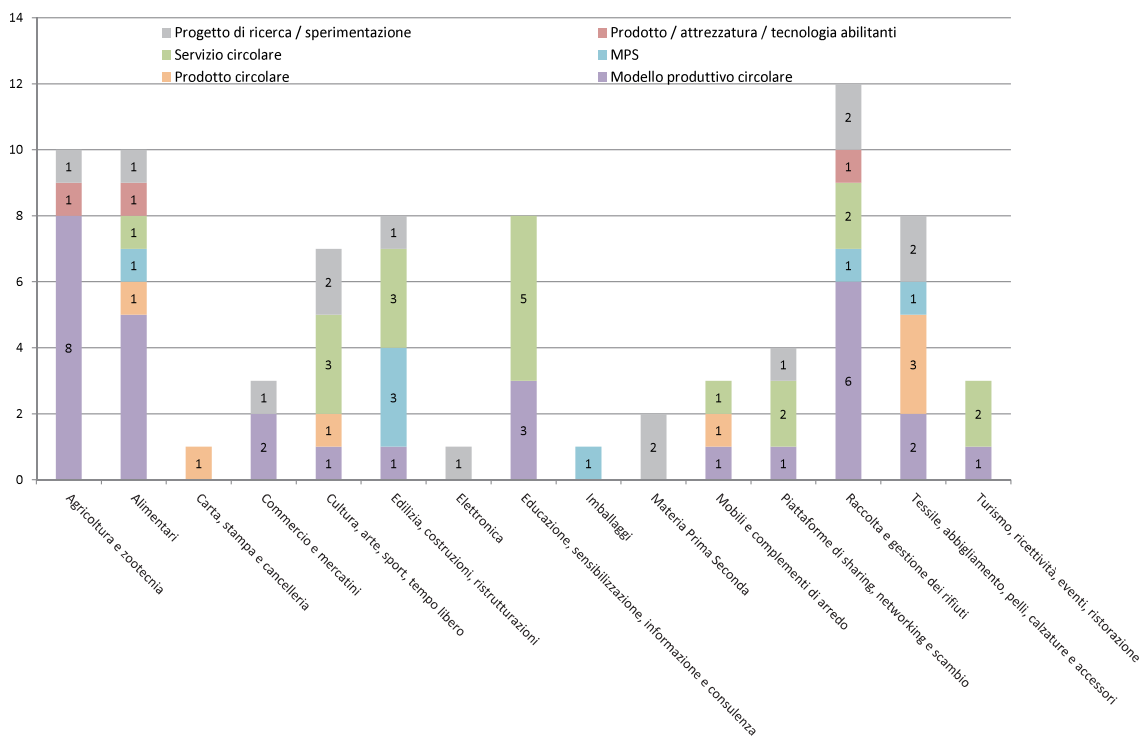


Figura 3 – Distribuzione del campione in base alla categoria merceologica prevalente, per tipologia di iniziativa

lazione alla categoria merceologica, si nota la massima concentrazione nel settore della Raccolta e gestione dei rifiuti (15%); a seguire i settori dell’Agricoltura e zootecnia e degli Alimentari (entrambi con il 12%) e i settori dell’Edilizia, costruzioni e ristrutturazioni, dell’Educazione, sensibilizzazione, informazione e consulenza, del Tessile, abbigliamento, pelli, calzature e accessori (10% per ognuna di esse) e della Cultura, arte, sport e tempo libero (9%). Le iniziative riferite ai settori Commercio e mercati dell’usato; Mobili e complementi di arredo; Piattaforme di networking per la condivisione e scambio di beni e competenze; Turismo, ricettività, eventi e ristorazione rappresentano una quota fra il 4 e il 5% del totale. Infine poche iniziative (nell’ordine dell’1-2% del campione) opera nelle categorie Carta, stampa e cancelleria, Elettronica, Imballaggi, Materia Prima Seconda.

Integrando la lettura delle categorie merceologiche con le tipologie di iniziative mappate emerge che:

- le realtà che applicano modelli circolari nel loro insieme lavorano prevalentemente nel settore Agro-alimentare (13 su 31) e nella Raccolta e gestione dei rifiuti (6 su 31);
- quasi la metà dei prodotti mappati è riconducibile al settore Tessile e abbigliamento;
- 3 su 7 Materie prime seconde mappate riguardano il settore dell’Edilizia; in dettaglio, il complesso delle 7 Materie prime seconde mappate ri-

cadono nelle categorie: materiali inerti e lapidei (2 iniziative), materie organiche (2 iniziative), metalli, fibre tessili e tessuti, plastiche.

- i servizi circolari riguardano maggiormente (9 su 19) i settori Cultura, arte, sport e tempo libero, Edilizia, costruzioni e ristrutturazioni ed Educazione, sensibilizzazione, informazione e consulenza;
- i progetti di ricerca e le sperimentazioni intercettano tutte le categorie merceologiche, ad eccezione di: Turismo e ricettività; Mobili e arredo; Imballaggi; Educazione, sensibilizzazione, informazione e consulenza;
- le poche iniziative riguardanti prodotti, attrezzature, tecnologie o impianti in grado di abilitare la transizione di un’organizzazione verso l’economia circolare sono state mappate in relazione ai settori Agro-alimentare e della Raccolta e gestione dei rifiuti.

2.3. Obiettivi e metodi utilizzati per l’analisi del campione

L’analisi è stata svolta con l’obiettivo generale di descrivere l’attenzione posta dalle iniziative mappate nell’Atlante sul tema dei rifiuti lungo l’intero ciclo di vita evidenziando, in particolare:

- gli orientamenti in riferimento alle azioni di prevenzione, riuso, riciclaggio e recupero indicate dalla piramide rovesciata della gerarchia per la gestione dei rifiuti (CE, 2008);

- la capacità di agire in maniera integrata e lungo tutte le fasi del ciclo con il fine di prevenire la produzione di scarti e rifiuti e, quando questo risulta inevitabile, promuovendo la loro trasformazione in nuove risorse e materie;
- le azioni messe in atto nelle diverse fasi del ciclo con riferimento al tema dei rifiuti.

Ai fini dell'analisi, sono stati seguiti i seguenti passi:

- a partire dai 10 temi di valutazione descritti, selezione di quelli rilevanti per l'analisi individuando al loro interno tutti gli elementi inerenti la modalità di gestione dei rifiuti (secondo la gerarchia europea per la gestione dei rifiuti), l'utilizzo di MPS in sostituzione di MPV e l'applicazione di strumenti coerenti con l'approccio LCT (es. LCA, Sistemi di gestione ambientale);
- per ciascuno dei temi selezionati al punto precedente, individuazione delle informazioni disponibili per le diverse tipologie di realtà mappata (modelli circolari, prodotti, servizi, ecc.), facendo riferimento alle specifiche domande presenti nei questionari e loro estrazione dal database;
- elaborazione delle informazioni secondo le due finalità di analisi quantitative citate (coerenza con la gerarchia europea di gestione dei rifiuti, azione integrata lungo tutte le fasi del ciclo). In

particolare per la prima delle due analisi sono state considerate unicamente le domande dei questionari riferite alle iniziative, mentre per la seconda si sono prese in considerazione sia queste che le pertinenti domande riferite all'organizzazione;

- conduzione dell'analisi qualitativa del campione a partire dalle risposte fornite ai questionari al fine di selezionare esempi di pratiche di interesse in tema di prevenzione e gestione dei rifiuti.

La Tabella 1 mostra sinteticamente l'esito del processo di selezione dei temi funzionali alle due analisi quantitative descritte. In particolare, le colonne A, B, C e D rappresentano gli elementi identificati per l'analisi della coerenza delle iniziative con la gerarchia della gestione dei rifiuti, mentre le colonne E ed F rappresentano ulteriori elementi considerati per analizzare l'integrazione in tutte le fasi del ciclo.

Per ciascuna dimensione di analisi (colonne A, B, C, D, E, F della Tabella 1), sono state selezionate le informazioni disponibili nei questionari, come mostrato in via esemplificativa in Tabella 2 per la Prevenzione della produzione dei rifiuti. Complessivamente, per tutte le dimensioni di analisi, le domande selezionate sono risultate 94.

Tabella 1 – Confronto fra i temi di valutazione dell'Atlante e le dimensioni di analisi scelte per l'indagine

| Dimensioni di analisi del campione | A | | | | B | | | C | | | D | E | F | | | |
|---|--|--|-------------------------------------|---|--|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|--|-------------------------------------|--|--|
| | Prevenzione della produzione di rifiuti | | | | Riuso | | | Riciclo | | | Recupero energetico | MPS | Strumenti coerenti con l'approccio LCT | | | |
| | Orientamento generale alla prevenzione e riduzione rifiuti | Efficienza uso della materia e ottimizzazione produzione | Eliminazione e riduzione imballaggi | Allungamento vita dei prodotti -durabilità e riparabilità | Seconda vita prodotti -riutilizzabilità rigenerabilità e riciclabilità | Ri-manifattura e trasformazione | Passaggio proprietà e collocazione in mercati secondari | Sostegno raccolta differenziata | Riciclabilità, disassemblabilità scomponibilità | Biodegradabilità, compostabilità | Avvio scarti e rifiuti a filiere recupero materia | Recupero interno all'organizzazione | Recupero esterno all'organizzazione | Utilizzo MPS in sostituzione di MPV | Sistemi di gestione ambientale certificati / Bilancio di sostenibilità | Strumenti di supporto alla progettazione / LCA |
| Temi dell'Atlante | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ecodesign | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| Approvvigionamento materiali e risorse | | | | | | | | | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | |
| Consumo di risorse naturali e materia | | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | |
| Gestione rifiuti, scarti ed emissioni | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | |
| Trasporti e distribuzione | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Promozione di stili di vita sostenibili | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | | | | | | | | |
| Filiera circolare | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Valore condiviso e comunità territoriali | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inclusività sociale | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Riferimenti a standard ambientali e riconoscimenti ottenuti | | | | | | | | | | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> |

Tabella 2 – Informazioni selezionate per la rilevazione degli orientamenti in relazione alla prevenzione dei rifiuti e individuazione delle categorie di azioni specifiche

| Oggetto della mappatura | Domanda e risposta selezionata | Categorie di azioni per la prevenzione dei rifiuti | | | |
|-------------------------|---|---|--|-------------------------------------|--|
| | | Orientamento generale alla prevenzione e riduzione rifiuti | Efficienza uso della materia e ottimizzazione produzione | Eliminazione e riduzione imballaggi | Allungamento vita dei prodotti (durabilità e riparabilità) |
| ORGANIZZAZIONE | La tua organizzazione promuove comportamenti virtuosi dei dipendenti in relazione alla riduzione della produzione dei rifiuti e loro corretta gestione? [Sì, sostenendo la riduzione del consumo di carta (es: stampa necessaria e intelligente) e imballaggi (es: consumo acqua del rubinetto o da distributori)] | | | | |
| INIZIATIVA | Modelli circolari | Su quali principi strategici si basa il tuo modello circolare? [Allungamento della vita dei prodotti] | | | X |
| | | Su quali principi strategici si basa il tuo modello circolare? [Prevenzione e riduzione della produzione di rifiuti] | X | | |
| | | Su quali principi strategici si basa il tuo modello circolare? [Efficienza nell'uso di materia e risorse] | | X | |
| | Prodotti circolari | Il prodotto è stato progettato per avere una vita più lunga? [Sì, con attenzione alla solidità del prodotto] | | | X |
| | | Il prodotto è stato progettato per avere una vita più lunga? [Sì, con attenzione alla riparabilità del prodotto e/o delle sue componenti] | | | X |
| | | Il prodotto è stato progettato per avere una vita più lunga? [Sì, con attenzione alla reperibilità delle parti di ricambio] | | | X |
| | | La progettazione del prodotto comprende la progettazione di un imballaggio con minore impatto? [Sì, con attenzione alla eliminazione dell'imballaggio] | | | X |
| | | La progettazione del prodotto comprende la progettazione di un imballaggio con minore impatto? [Sì, con attenzione alla riduzione dell'imballaggio] | | | X |
| | | Il prodotto è realizzato riducendo l'uso di materie prime a parità di produzione? [Sì] | | X | |
| | | In fase di produzione utilizzi sistemi e strumenti di controllo e ottimizzazione per la prevenzione della produzione di rifiuti e scarti? [Sì] | | X | |
| | MPS | La MPS è stata progettata per avere una vita più lunga? [Sì] | | | X |
| | | La progettazione della MPS comprende la progettazione di un imballaggio con minore impatto? [Sì, con attenzione alla eliminazione dell'imballaggio] | | | X |
| | | La progettazione della MPS comprende la progettazione di un imballaggio con minore impatto? [Sì, con attenzione alla riduzione dell'imballaggio] | | | X |
| | Servizi circolari | Il servizio è finalizzato a evitare l'uso di imballaggi? [Sì] | | | X |
| | | Il servizio è finalizzato ad allungare la vita di prodotti? [Sì, attraverso la riparazione e la fornitura parti di ricambio] | | | X |
| | | Il servizio è finalizzato alla gestione sostenibile dei rifiuti? [Sì, sostiene la prevenzione della produzione di rifiuti] | X | | |
| | Attrezzature/tecnologie abilitanti | Il prodotto/attrezzatura/tecnologia abilitante ha come finalità l'efficiamento dei processi produttivi? [Sì, efficienza nell'uso delle materie] | | X | |
| | | Il prodotto/attrezzatura/tecnologia abilitante ha come finalità la prevenzione della produzione di rifiuti e scarti? [Sì] | X | | |
| Progetti di ricerca | Il progetto lavora sul tema dell'allungamento del ciclo di vita di beni e prodotti? [Sì, con particolare attenzione al tema della durabilità e riparabilità] | | | X | |
| | Il progetto lavora sul tema dell'efficienza? [Sì, efficienza nell'utilizzo di materia] | | X | | |
| | Il progetto lavora sul tema dei rifiuti e scarti? [Sì, sulla prevenzione della produzione di rifiuti e scarti] | X | | | |

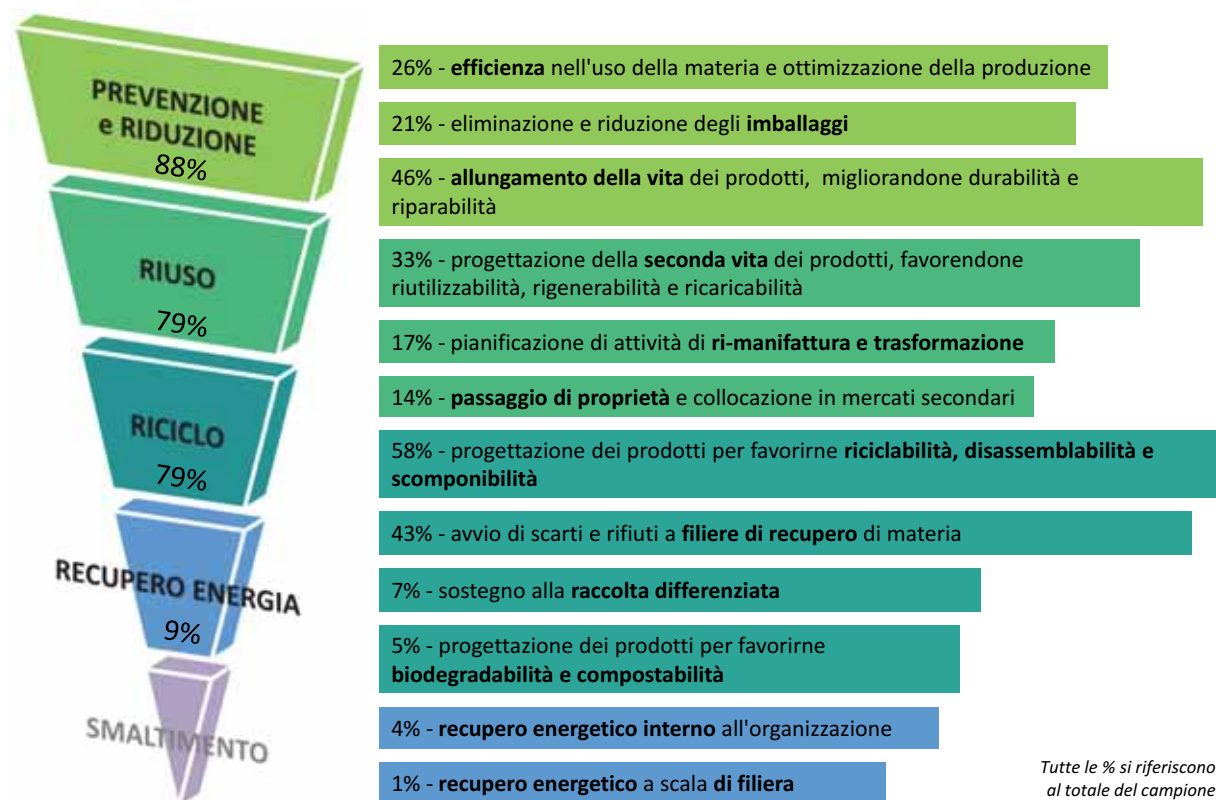


Figura 4 – Collocazione del campione di iniziative di economia circolare rispetto alle categorie di azioni per la gestione dei rifiuti. Tutte le percentuali si riferiscono al totale del campione considerato

3. RISULTATI

Nei seguenti sottoparagrafi si descrivono gli esiti dell'analisi elaborata sulla base del metodo descritto in precedenza, articolati nelle tre principali tematiche di indagine.

3.1. Coerenza delle iniziative con la gerarchia per la gestione dei rifiuti

La prima analisi, volta ad evidenziare come il campione di iniziative di economia circolare si colloca rispetto alle categorie di azioni per la gestione dei rifiuti (prevenzione; riuso; riciclaggio; recupero energetico; smaltimento), mostra una tendenza generale in linea con le indicazioni di preferenza indicate dalla Direttiva 2008/98/CE (CE, 2008). Infatti la maggior parte del campione (88%) indica tra le proprie priorità la prevenzione e riduzione della produzione di rifiuti, segue l'attenzione al riuso dei prodotti e al riciclo della materia in essi contenuta (per entrambe le categorie pari al 79% del campione analizzato), mentre le iniziative che considerano il recupero energetico sono solamente il 9% del totale, con una maggiore propensione ad operazioni interne alla propria

organizzazione, rispetto ad azioni che coinvolgano altri soggetti (rispettivamente 4% e 1%, per l'ulteriore 4% delle iniziative non è disponibile il dato) (Figura 4).

Fra le azioni per la prevenzione dei rifiuti emerge l'allungamento della vita dei prodotti attraverso una progettazione orientata a maggiore durabilità e riparabilità (46% del campione totale, in assoluto la seconda azione più attivata dal campione analizzato), efficienza nell'uso della materia e ottimizzazione della produzione (26%) e eliminazione e riduzione degli imballaggi (21%).

Fra le iniziative rivolte a promuovere il riuso di prodotti e delle loro componenti si nota che circa un terzo del campione totale (33%) si attiva in fase di progettazione al fine di disegnare prodotti con caratteristiche tali da essere riutilizzabili, rigenerabili e ricaricabili al termine di un primo utilizzo; a seguire le iniziative attente alla pianificazione di attività di ri-manifattura e trasformazione dei prodotti a fine vita (17% del campione) e a favorire il passaggio di proprietà dei beni e la collocazione dei resi in mercati secondari (14% del campione).

Con riferimento al tema del riciclo è preponderante l'attenzione alla fase di progettazione dei pro-

Tabella 4 – Numero di iniziative mappate che agiscono nelle diverse fasi e sotto-fasi del ciclo o che adottano strumenti coerenti con l’approccio LCT

| FASE / Sotto-fase | N iniziative | % rispetto al totale |
|---|--------------|----------------------|
| 1. FASE DI PROGETTAZIONE (ECODESIGN) | 60 | 74% |
| di cui ecodesign prodotto | 59 | |
| di cui ecodesign imballaggio | 22 | |
| di cui ecodesign flussi di ritorno | 14 | |
| 2. FASE DI APPROVVIGIONAMENTO MATERIALI E RISORSE (Utilizzo MPS/Sottoprodotti) | 41 | 51% |
| 3. FASE DI PRODUZIONE | 81 | 100% |
| di cui efficienza uso risorse e materiali | 46 | |
| di cui prevenzione scarti/rifiuti | 64 | |
| di cui riuso, riciclo scarti/rifiuti | 77 | |
| 4. SUPPORTO AL CONSUMO SOSTENIBILE | 66 | 81% |
| 5. TRASVERSALE ALLE FASI: STRUMENTI/APPROCCI LCT | 55 | 68% |

dotti finalizzata a favorirne riciclabilità, disassemblabilità e scomponibilità (58% del campione, è in assoluto l’azione più presente fra quelle attivate dal campione) e ad azioni che garantiscono l’avvio di rifiuti e scarti a filiere di recupero della materia (43%); alcune iniziative segnalano un impegno nel sostenere una corretta raccolta differenziata (7%) e nella progettazione di prodotti biodegradabili e compostabili (5%) (Tabella 3).

3.2. Approccio Life Cycle Thinking al tema dei rifiuti

L’analisi dei questionari mostra la capacità delle realtà mappate di agire nelle diverse fasi del ciclo di produzione e consumo, come evidenziato in Tabella 4 e Figura 5.

Tutte le iniziative mappate agiscono sulla fase di produzione, in particolare favorendo il riuso e riciclo degli scarti di produzione, 66 iniziative

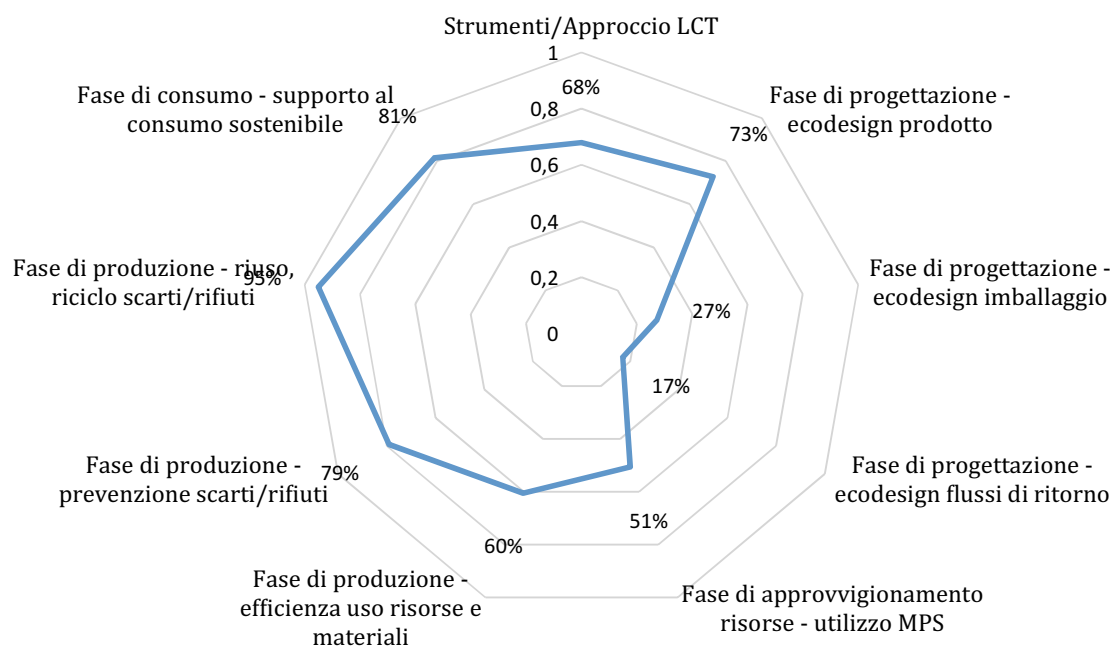


Figura 5 – Percentuale di iniziative mappate che agiscono nelle sotto-fasi del ciclo o che adottano strumenti coerenti con l’approccio LCT

(l'81% del campione) lavorano sul tema del consumo sostenibile, 60 (il 74% del totale) sull'eco-design, 55 (il 68% del totale) adottano uno strumento trasversale coerente con l'approccio LCT e 41 (51% del totale) agiscono nella fase di approvvigionamento, sostituendo in tutto o in parte le materie prime vergini con le materie prime seconde. Entrando nel merito delle singole fasi, si evidenziano i seguenti elementi:

- nell'ambito dell'ecodesign, le iniziative lavorano in gran parte sul design di prodotto (59), garantendone come già visto l'allungamento della vita, il riutilizzo, il riciclaggio e, in misura minore, la biodegradabilità/compostabilità (solo 5 iniziative). Seguono gli interventi sugli imballaggi (22), che in gran parte ne prevedono l'eliminazione o la riduzione; più limitate le iniziative che prevedono la pianificazione dei flussi di ritorno ai fini del riciclo / riutilizzo: si tratta di 14 interventi, la metà dei quali è attivata all'interno di progetti di ricerca e sperimentazione, 4 dai prodotti e 3 dalle MPS;
- nella fase di approvvigionamento di materie e risorse sono attive prevalentemente, in percentuale, le iniziative legate alla realizzazione di prodotti (6 iniziative, l'86% di quelli mappati), seguita dai modelli circolari (23 iniziative, il 74% di quelli mappati), dai progetti di ricerca (8 iniziative, il 56% di quelli mappati), dalle MPS (3, pari al 43% di quelle mappate) e, infine dalle tecnologie abilitanti (1 iniziativa, pari al 33% di quelle mappate);
- passando alla produzione, il miglioramento dell'efficienza nell'uso delle risorse è perseguito da 6 prodotti circolari su 8 (86%), da 29 modelli circolari su 31 (94%), da 11 progetti di ricerca su 14 (79%) e da tutte le tecnologie abilitanti mappate (3). Come già evidenziato, tutte le 81 iniziative mappate agiscono inoltre a favore della prevenzione della produzione e gestione dei rifiuti: in questo ambito le iniziative operano sia attraverso interventi diretti sul fronte dei rifiuti e scarti di lavorazione, che sulla promozione dei comportamenti sostenibili dei dipendenti dell'organizzazione (40 iniziative promuovono comportamenti orientati alla prevenzione della produzione di rifiuti, 45 al recupero / riciclo, 50 alla raccolta differenziata di qualità);
- il supporto al consumo sostenibile è realizzato dalle iniziative mappate sia fornendo al consumatore informazioni circa l'utilizzo, il riciclo e il corretto conferimento dei beni a fine vita (48 ini-

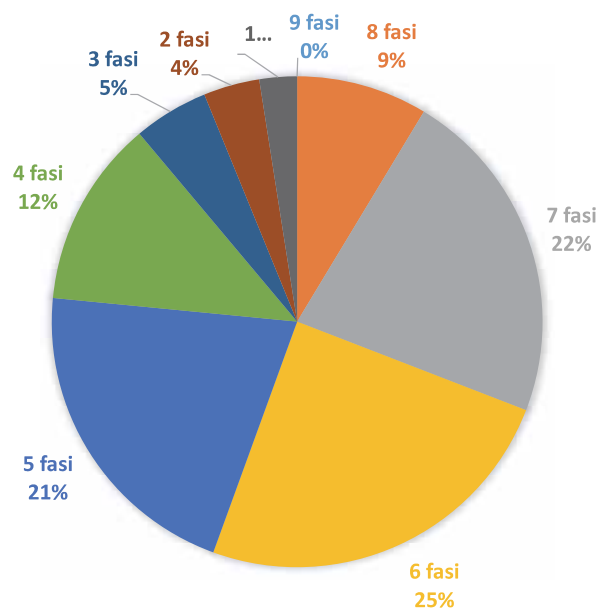


Figura 6 – Ripartizione del campione di iniziative mappate in base al numero di sottofasi intercettate (per l'elenco delle sottofasi si faccia riferimento alla Tabella 4)

ziative) che promuovendo la creazione di community finalizzate allo scambio e riuso di beni (37 iniziative);

- infine, analizzando gli strumenti trasversali adottati in coerenza con l'approccio LCT, si nota la prevalenza degli strumenti a supporto della progettazione in ottica circolare (52 iniziative, 64% del totale), seguiti dalla Certificazione ISO 14.001 e dal Bilancio di sostenibilità (entrambi 10 iniziative), dagli strumenti di analisi del ciclo di vita (es. LCA) (8 iniziative), dalle etichette di tipo 2 (3 iniziative) e dalle etichette di tipo 3 (1 iniziativa). Non sono presenti realtà in possesso di Registrazione EMAS né prodotti dotati di certificazione Ecolabel.

La capacità delle iniziative mappate di agire contemporaneamente su più fasi di produzione e consumo è un elemento distintivo di un approccio LCT, poiché mostra come l'attenzione alla circolarità e alla sostenibilità non si limiti alla fase di gestione dei rifiuti vera e propria, ma ne caratterizzi l'intero percorso.

Si è quindi analizzato, per ciascuna iniziativa, quante delle 9 fasi descritte in precedenza fossero intercettate positivamente. L'esito, rappresentato in Figura 6, mostra che ben il 54% del campione è in grado di intercettare un numero di fasi uguale o superiore a 6; nessuna iniziativa intercetta tutte le fasi identificate e solo il 23% delle

iniziative intercetta un numero di fasi uguale o inferiore a 4.

Delle 7 iniziative che intercettano 8 fasi, 6 sono rappresentate da prodotti circolari e 2 da progetti di ricerca e sperimentazione, mentre nel campione che intercetta 6 o più fasi si riscontrano 21 modelli circolari, 10 progetti di ricerca e sperimentazione, 6 prodotti, 4 servizi, 3 MPS, 1 tecnologia abilitante.

L'approccio al ciclo di vita appare pertanto maggiormente interpretato all'interno dei prodotti, dei progetti di ricerca, dei modelli circolari e delle MPS, mentre appaiono più confinati ad un numero inferiore di fasi i servizi e le tecnologie abilitanti. Ciò può essere motivato dalla natura di queste ultime iniziative, che tendono ad agire in modo più verticale su alcune specifiche fasi del ciclo.

3.3. Esempi di azioni con effetti sui rifiuti attivate nelle diverse fasi del ciclo

L'Atlante, con più di 200 iniziative mappate, costituisce una fonte informativa in grado di restituire la molteplicità di pratiche attivate da organizzazioni di diverso tipo in relazione al tema dei rifiuti, collocandole nelle diverse fasi del ciclo.

Come già sottolineato, le pratiche agiscono in modo integrato nelle diverse fasi; tuttavia, per fornire una panoramica che, pur non esaustiva, colga tale molteplicità e dia spunti sulle opportunità di agire per la transizione verso modelli economici circolari, di seguito si riporta una descrizione sintetica delle iniziative contenute nell'Atlante, raggruppate con riferimento alla specifica fase del ciclo rispetto alla quale appaiono più significative. A differenza delle analisi descritte nei paragrafi precedenti, la selezione degli esempi è operata considerando tutte le iniziative comprese nell'Atlante.

In riferimento alla fase di *progettazione – ecodesign*, nell'Atlante trovano spazio:

- realtà che hanno investito nella progettazione della propria attività secondo logiche circolari e utilizzando strumenti di supporto alle decisioni come LCA e LCC. Ne è un esempio R.ED.EL., azienda operante nel settore della costruzione e manutenzione di impianti elettrici, dal cui settore di Ricerca & Sviluppo, nato con lo scopo di sviluppare soluzioni per il miglioramento dell'efficienza aziendale e avviare attività nel settore dell'economia circolare, ha preso il via "PVC UpCycling". Il progetto si basa su un approccio completo al ciclo di vita degli impianti elettrici industriali e dei loro ri-

fiuti che parte dal de-manufacturing e recupero dell'intera parte degli scarti (PVC, alluminio e rame) provenienti dalla dismissione dei cavi elettrici di impianti industriali, sino al loro riciclo e re-manufacturing, attuato attraverso la progettazione e la realizzazione di prodotti contenenti il PVC riciclato;

- organizzazioni che offrono servizi di progettazione basati sui principi di sostenibilità ambientale e circolarità in diversi settori come, ad esempio, l'edilizia e arredo (è il caso di cRiuso, che si occupa di progettazione, ricerca di soluzioni ad hoc e realizzazione di lavori di manutenzione edilizia o di mobili e complementi di arredo personalizzati mediante il recupero di materiali e oggetti a fine vita) e nell'ambito dello stampaggio di materie plastiche (Idea Plast supporta i produttori di manufatti in plastica nella scelta in tutte le fasi della filiera: dall'utilizzo di plastiche seconda vita, alla scelta dei materiali garantiscono una corretta fine vita di un prodotto, fino all'ottimizzazione del recupero di rifiuti plastici mediante la creazione di nuove miscele);
- prodotti che hanno un impatto positivo in termini di minimizzazione dei rifiuti grazie ad una attività di eco-design attenta a tutte le fasi del ciclo dall'approvvigionamento delle materie alla destinazione al termine della vita. Vi sono numerosi esempi nell'ambito dell'abbigliamento, come la linea "Fortunale" di Majra Moda Maglierie realizzata con filati biologici colorati con tinture vegetali estratte da scarti di lavorazioni agricole e distribuiti con un packaging in cartone riciclato pensato come oggetto di design, che può essere rigenerato o utilizzato per altri scopi. Alla fine dell'utilizzo (anche a distanza di anni), viene offerta al cliente la possibilità di rendere il prodotto senza costi di spedizione in cambio di un buono sconto e le fibre del capo reso vengono rigenerate per creare nuovo filato di qualità.

Tra le iniziative che agiscono in particolare sull'*approvvigionamento* di materie prime seconde/sottoprodotti in luogo di materie prime vergini, nell'Atlante sono presenti varie esperienze quali:

- utilizzo creativo, o *upcycling*, di materiali di scarto (es. sfridi di lavorazione quali ritagli di pelle o pelliccia, materiali/capi di seconda scelta, fine serie, fondi di magazzino, rifiuti elettronici) o di materiali destinati a diventare rifiuti (es. tessuti e materiali non più utilizzati dalle case di moda e/o da aziende locali) per creare nuovi prodotti tra i

quali vestiti, accessori e gioielli (Progetto Quid, Carmina Campus, Artefizio, Midorj), gadget e oggetti di comunicazione per le imprese (Alisea), cuscini e materassi in lana (comitato Bollait-Gente della Lana);

- uso di scarti e sottoprodotti dell'industria agroalimentare per la realizzazione di materie da impiegare in settori differenti: scarti di cuoio sostituiscono la cellulosa vergine per la produzione di carta (Favini), scarti della produzione di olio di oliva insieme all'azione di alcuni funghi sono alla base di un bio-materiale che trova applicazione nei settori del design, della cosmesi e biomedico (Biofaber); scarti selezionati del caffè sono utilizzati per la produzione di pellet 100% riciclato (Oltrecafé), un sottoprodotto dell'industria delle arance è utilizzato per la realizzazione di una fibra tessile per l'abbigliamento (Orange fiber);
- rigenerazione e trasformazione di materie di scarto e rifiuti. Fra questi: MaterialScan che ha sviluppato un nuovo materiale isolante eco-sostenibile a elevata efficienza a partire dalla miscelazione di materiali di scarto difficilmente riciclabili, come vetroresina e fibre di carbonio, laterizi e cartongesso, con additivi di origine naturale; Ecocentro Tecnologie ambientali che progetta, realizza e gestisce impianti innovativi per il trattamento automatizzato dei rifiuti provenienti dallo spazzamento delle strade e da disassabbiamento in grado di trasformare i rifiuti in materie prime seconde differenziate certificate CE; RiPlastic e SimGreen, che si occupano del riciclaggio dei componenti di RAEE fuori uso, producendo materie prime seconde quali plastica e metalli ferrosi e non; Viscolube, che produce una base lubrificante rigenerata con caratteristiche uguali a quelle di prima raffinazione, a partire da olio usato; Tyrebirth che utilizza impianti di pirolisi a microonde per produrre materie prime seconde di altissima qualità (acciaio, carbon black utilizzato per la realizzazione di nuovi pneumatici, olio combustibile a basso tenore di zolfo) a partire da pneumatici fuori uso; Aquafil che ha brevettato il nylon 6 ECONYL® realizzato a partire da reti da pesca e fluff dei tappeti a fine vita.

Focalizzando l'attenzione sulla *Produzione*, l'Atlante presenta numerosi esempi di attività che implementano azioni per l'ottimizzazione della produzione, la prevenzione dei rifiuti e l'avvio dei rifiuti non evitabili a filiere di riciclo, riutilizzo o recupero esterno o interno al proprio ciclo pro-

ducente. Sul fronte della prevenzione dei rifiuti alimentari Banco Alimentare si occupa di raccogliere presso negozi e supermercati le eccedenze e i cibi ancora commestibili ma non commercializzabili, prima che diventino rifiuti, e di ridistribuirli a fini sociali. In relazione alle azioni di riciclo, riutilizzo e recupero, un caso è rappresentato dalla Fattoria della Piana, cooperativa agricola del settore lattiero-caseario, la quale trasforma letame e liquame provenienti dalle stalle dei soci, unitamente al siero residuo delle lavorazioni del caseificio, in biogas. L'impiego del biogas permette di produrre energia elettrica e termica (utilizzata per i processi produttivi del caseificio e per il riscaldamento dei locali aziendali), mentre i resti solidi della cogenerazione diventano concime organico per le coltivazioni di foraggio. Analoghe operazioni di reimpiego di energia all'interno del ciclo sono attivate anche da Tyrebirth, mentre operazione di riutilizzo delle acque di lavorazione nel ciclo sono attivate da MaterialScan.

In coerenza con l'attivazione di processi di riciclo di qualità, l'Atlante ospita inoltre numerose iniziative che supportano la raccolta differenziata sia a livello industriale che con azioni rivolte ai cittadini. Esse sono principalmente raggruppabili in due famiglie:

- attrezzature e macchinari per la separazione dei rifiuti e la raccolta differenziata automatizzata; un esempio è la tecnologia reverse vending machine di Bimora che permette di raccogliere automaticamente imballaggi conferiti dai cittadini, creando progetti di incentivazione (attraverso sistemi a premio) e comunicazione sulla raccolta differenziata;
- strumenti ICT che supportano i consumatori nella raccolta differenziata suggerendo in quale frazione recapitare oggetti e materiali di uso comune. Ne sono un esempio la app Junker che riconosce ogni prodotto dal codice a barre e dice di che materiale è composto e in quale bidone va separato secondo le regole del comune in cui si trova, e l'app Riciclarlo che aiuta i cittadini nella corretta gestione dei rifiuti e che li supporta nel favorire il riuso e nel reperire facilmente le informazioni relative alla propria taxa sui rifiuti.

Infine, in relazione alla fase di *Supporto al consumo sostenibile* le iniziative mappate dall'Atlante sono finalizzate prevalentemente a supportare la diffusione di acquisti e pratiche sostenibili (è caso di Barega, piattaforma online per la condivisione di buone pratiche, suggerimenti,

progetti sul tema della bioedilizia, e di Eppipeople che si occupa di organizzare eventi e congressi sostenibili), in molti casi specificamente focalizzate sul riuso di prodotti attraverso la vendita, lo scambio e la condivisione (ad esempio le piattaforme online che favoriscono il passaggio di proprietà di vestiti come YouKoala.com e Armadio Verde e i mercati di beni di seconda mano, tra cui Humana, Mani tese, Laboratorio Triciclo, Riuso³) in alcuni casi previa riparazione e rigenerazione dei beni, soprattutto nella categoria dell'informatica (Società Cooperativa Reware, Hacking Labs).

4. CONCLUSIONI

L'Atlante italiano dell'Economia circolare ha mostrato di essere uno strumento utile per mappare e studiare, con uno sguardo d'insieme, iniziative diversificate promosse dai differenti attori che hanno un ruolo nelle filiere dell'economia circolare in una prospettiva di sviluppo sostenibile. Per l'ammissione all'Atlante, infatti, tutte le iniziative sono sottoposte a un sistema di valutazione qualitativo coerente con l'approccio Life Cycle Thinking, organizzato in 10 temi che considerano la circolarità in tutte le fasi di produzione e consumo e la sostenibilità ambientale e sociale delle iniziative e delle organizzazioni proponenti.

Rispetto ai sistemi di valutazione in uso, e in particolare alla proposta di indicatori per l'economia circolare sviluppata dal MATTM, l'Atlante si focalizza sulla valutazione alla micro-scala, considerando le singole iniziative, con alcuni tentativi di aprire la valutazione alla meso-scala, rappresentata in questo caso dalla filiera (ad esempio, considerando il recupero energetico o l'avvio a riciclo esterno all'azienda o lo sviluppo di partnership nell'ambito della filiera circolare). Inoltre, i temi dell'Atlante focalizzano in modo accurato la fase della progettazione, che appare invece sotto-rappresentata nel documento MATTM: data l'importanza cruciale della progettazione per lo sviluppo di prodotti circolari, si ritiene essenziale che un sistema di valutazione ne tenga adeguatamente in conto.

Infine, l'Atlante opera un tentativo di valutare anche gli elementi di sostenibilità sociale, diversamente da quanto proposto dal Ministero, adottando quindi un'ottica più ampia e favorevole a una visione che considera la circolarità come un mezzo per la sostenibilità.

In riferimento ai risultati delle analisi effettuate, in coerenza con gli obiettivi della gerarchia dei rifiuti europea, il tema della prevenzione dei rifiuti è il più presente tra gli orientamenti adottati, in particolare ricorrendo all'allungamento della vita dei prodotti, all'efficienza nell'uso della materia, all'eliminazione e riduzione degli imballaggi. Seguono il riuso e il riciclo, con iniziative che colpiscono la progettazione (tra le azioni specifiche quella più presente è la progettazione dei prodotti per favorire la loro riciclabilità, disassemblabilità e scomponibilità), la promozione della raccolta differenziata, l'avvio dei rifiuti prodotti alle filiere del recupero di materia.

In generale, le iniziative mostrano di adottare un approccio attento al ciclo di vita, perché integrano in modo significativo il tema della prevenzione e gestione dei rifiuti in tutte le fasi del ciclo considerate: progettazione, approvvigionamento di materie prime, produzione e consumo. Le iniziative sono inoltre propense all'utilizzo di strumenti di sostegno alla progettazione quali l'analisi del ciclo di vita, mentre solo il 20% di esse adotta specifici strumenti volontari di sostenibilità ambientale e sociale (sistemi di gestione ambientale certificati, bilancio di sostenibilità, etichette di prodotto).

Promuovere l'adozione di strumenti di gestione ambientale e di certificazione ambientale presso le realtà di punta nell'economia circolare potrebbe quindi favorire un approccio maggiormente rivolto alla sostenibilità ambientale e sociale, raggiungendo risultati complementari a quelli legati alla circolarità della produzione e consumo, in linea con gli Obiettivi dell'Agenda 2030 (UN, 2015).

Nello specifico, le iniziative mappate hanno mostrato la carenza di alcuni temi, sui quali invece sono presenti importanti spazi di miglioramento e implementazione per la promozione dell'economia circolare.

Il primo riguarda gli imballaggi, in particolare con riferimento alla progettazione di imballaggi a minor impatto. Data la rilevanza del flusso degli imballaggi nella gestione dei rifiuti e in linea con il Pacchetto Economia Circolare europeo e la Strategia europea sulla plastica (CE, 2018b), questo tema appare ancora di primo piano a vari livelli quali ad esempio lo sviluppo di nuovi materiali/biomateriali, la progettazione di imballaggi con caratteristiche di riutilizzabilità/riciclabilità e minor impatto (es. plastic free), la loro riduzione/eliminazione grazie a soluzioni tecnolo-

giche e organizzative diverse (es. vendita prodotti sfusi).

Il secondo ambito di sviluppo riguarda la pianificazione della logistica e dei flussi di ritorno (che necessita di scelte sistemiche in ordine all'approvvigionamento, alla raccolta a fine vita, al collocamento dei resi in mercati secondari e può comprendere anche la pianificazione a monte delle attività di ri-manifattura, riutilizzo, riparazione) di prodotti e imballaggi, allo scopo del loro riutilizzo / rigenerazione.

Inoltre, emerge l'importanza di promuovere il tema dell'efficienza nell'uso delle materie, che potrebbe rappresentare anche un'opportunità economica per le imprese e che pertanto si presta ad essere implementata in modo trasversale anche nelle imprese tradizionali, non necessariamente distinte per il loro impegno nell'economia circolare. Legato a questo tema, ma più in generale anche agli altri temi di valutazione, potrebbe risultare di interesse la mappatura dell'ecoinnovazione e degli investimenti in nuove tecnologie all'interno dell'Atlante. Tale elemento, ad oggi mancante, potrebbe essere inserito all'interno dei questionari, anche in coerenza con il Quadro di monitoraggio europeo e con il sistema di indicatori proposto dal Ministero dell'Ambiente.

Infine, qualche considerazione conclusiva riguarda lo strumento dell'Atlante e la sua efficacia nel monitorare e valutare le pratiche di Economia Circolare. L'Atlante presenta, come già accennato una impostazione coerente con l'approccio al ciclo di vita, dunque si presta per valutare le iniziative sotto tale profilo. Le informazioni raccolte permettono una valutazione qualitativa delle iniziative, senza tuttavia consentire di ottenere informazioni quantitative per il calcolo, ad esempio, di indici di circolarità di un prodotto / di una iniziativa. L'impostazione per fasi di produzione e consumo, inoltre, si è mostrata particolarmente adatta a rilevare le caratteristiche di circolarità dei prodotti e dei modelli circolari, cioè quelle iniziative che lavorano su interi cicli di produzione. Ove sia assente un ciclo di produzione, ad esempio nel caso dei servizi, è naturale attendersi che il servizio si concentri su una o più fasi specifiche del ciclo, senza la capacità di intercettarle tutte.

Queste caratteristiche rendono l'Atlante uno strumento efficace per la raccolta e una prima categorizzazione delle iniziative, eventualmente rappresentando una prima fase di screening cui far seguire indagini più approfondite e di carattere quan-

titativo su alcune realtà di particolare interesse. In particolare, il calcolo di indicatori e indici capaci di valutare le prestazioni in termini di circolarità e utili per la definizione di benchmark potrebbero rappresentare futuri ambiti di sviluppo della presente analisi.

5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Commissione Europea – CE (2008). Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive.

Commissione Europea – CE (2018a). Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, il Consiglio, il Comitato economico e sociale e il Comitato delle Regioni su un quadro di monitoraggio per l'economia circolare.

Commissione Europea – CE (2018b). Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, il Consiglio, il Comitato economico e sociale e il Comitato delle Regioni sulla Strategia europea per la plastica nell'economia circolare.

European Environment Agency – EEA (2016). Circular economy in Europe Developing the knowledge base. Report No 2/2016. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

European Academies' Science Advisory Council – EASAC (2016). Indicators for a circular economy, Halle/Saale Germany: DVZ-Daten-Service GmbH.

Ministero dell'Ambiente, del Territorio e del Mare (2017). Verso un modello di economia circolare per l'Italia. Documento di inquadramento e di posizionamento strategico.

Ministero dell'Ambiente, del Territorio e del Mare (2018). Economia circolare ed uso efficiente delle risorse – Indicatori per la misurazione dell'economia circolare.

UNEP/SETAC (2009). Life Cycle Initiative, Guidelines for social life cycle assessment of products.

United Nations (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano il team di Ecodom e di CDCA per l'opportunità che ha rappresentato il coinvolgimento nel lavoro di realizzazione dell'Atlante, in particolare per approfondire il tema della valutazione dell'economia circolare, oltre che per la grande disponibilità ed entusiasmo dimostrato nel lavoro fianco a fianco.

Materiale supplementare è disponibile gratuitamente all'indirizzo www.economicircolare.com

CIRCOLARE E SOSTENIBILE: VERSO L'OTTIMIZZAZIONE DEI FLUSSI MATERICI NEI PROCESSI DI RIQUALIFICAZIONE EDILIZIA IN ITALIA

Serena Giorgi^{1,*}, Monica Lavagna¹, Andrea Campioli¹

¹ Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito, Milano.

Sommario – L'articolo si colloca nell'ambito della promozione di logiche di produzione circolari e sostenibili nel settore edilizio, tese all'ottimizzazione dei flussi materici. Attraverso interviste dirette a operatori vengono individuate e analizzate le barriere e le leve che presiedono all'attivazione di circolarità lungo il processo di riqualificazione edilizia in Italia, affrontando i problemi connessi sia al fine vita degli edifici esistenti e alla gestione dei rifiuti da demolizione, sia alla nuova progettazione, alla gestione dei rifiuti da costruzione e alle scelte tecnologiche e materiche per il nuovo costruito. Vengono evidenziati i principali fattori decisionali che caratterizzano le fasi di progettazione e di gestione dei rifiuti e le modalità di relazione tra gli operatori coinvolti. Vengono esaminati gli ostacoli e le leve per il riuso e il riciclo dei materiali e le cause degli sprechi materici che avvengono lungo il processo edilizio. Successivamente viene analizzato l'interesse degli operatori verso nuovi modelli di business che possano indirizzare le dinamiche di mercato verso processi volti alla conservazione e all'allungamento della vita utile dei prodotti. L'articolo identifica, inoltre, i principali cambiamenti legislativi necessari alla promozione di una economia circolare nel processo edilizio; individua l'attivazione di partnerships strategiche per l'avvio di nuovi modelli di business circolari e le fasi di processo durante le quali gli operatori devono essere stimolati all'utilizzo di strumenti *Life Cycle* per la valutazione della sostenibilità delle differenti strategie circolari. Infine, l'articolo presenta i risultati della partecipazione al gruppo di lavoro sull'economia circolare del *Green Building Council* Italia (GBC), che ha rappresentato un'ulteriore occasione di confronto con *stakeholders* del settore edilizio italiano.

Parole chiave: processo di riqualificazione, *Life Cycle approach*, rifiuti da costruzione e demolizione, economia circolare, settore edilizio.

CIRCULAR AND SUSTAINABLE: TOWARDS MATERIALS FLOW OPTIMISATION OF ITALIAN BUILDING RENOVATION PROCESSES

Abstract – The paper shows recommendation and good practices of circular and sustainable strategies, which can lead to a materials flow optimization of building renovation process. Through direct-interview to operators and stakeholders, the barriers and levers of circularity within the building process are investigated. The renovation process is particularly interesting because it takes into account the end of life management of existing building and the demolition waste management, and

the design process of building renovation, consequently the construction waste management, the new technological solutions and the use of new materials. First of all, the decision making within design process and waste management is shown and the relationships among operators is highlighted. The analysis shows that operators are not related to each other in a continuous way and there are difficulties in cooperation and information sharing. After that, analysing the obstacles and the levers for materials reuse and recycling, the research shows that there are economic barriers, logistic barriers for recycling materials. Other obstacles that concern the reuse are: the lack of expert operators for disassembling and reassemble, economic aspects for the cost of reconditioning, aesthetic aspects, logistic barriers, and the responsibility aspect to use reused elements which don't have a performance certification. Regarding the levers for reuse and recycling of materials and building elements, in Italy there are no economics incentives; however, the main levers for the recycling of building materials, is represented by the Green Public Procurement according to which there are "minimum environmental criteria" mandatory to public building, such as mandatory "recycling content", "selective demolition" and "recyclability of materials". Then, the analysis investigates on the potentially avoidable waste, generated during the renovation process: two main steps when it is possible avoiding waste are identified. Both steps generate waste that concerns new materials. The first is the fit-out substitution stage in a rented building. The second is the construction stage. Successively, the research investigates the stakeholders' interest in new business models which change the traditional business dynamics towards the conservation and the extension of the useful life of products. It is possible to note, that there is interest among operators, but difficulties to apply business model (like product service system) at building level still remain, because of buildings are immovable object with a long lifespan. Finally, the paper defines the main legislative improvements useful to achieve a circular building process in Italy, identifying top-down and bottom-up initiatives. Then the paper shows the strategic partnerships identifying the operators to link for a better information exchange useful to activate circular business models. Moreover, the paper identifies the building renovation process phases during which the operators must be stimulated to use *Life Cycle* tools as decision-making support for assessing sustainability, in order to activate only sustainable circular strategies. Analyzing the entire process, it is possible to identify how the application of the *Life Cycle* tools is determined in the "prevention" phase or upstream, during the design process, and in the "management" phase or downstream, during the building end of life and waste management. Finally, the article presents the results of par-

* Per contatti: Via Giuseppe Ponzio 31, 20133 Milano.
Tel. 02.23995134. Mob. 3333370134.
E-mail: serena.giorgi@polimi.it

ticipation in the working group on the circular economy of the Green Building Council Italia (GBC), which represented a further opportunity of discussion with Italian building sector stakeholders.

Keywords: renovation process, Life Cycle approach, construction and demolition waste, circular economy, building sector.

Ricevuto il 14-4-2019. Modifiche sostanziali richieste il 3-6-2019. Correzioni richieste il 8-7-2019. Accettazione il 10-7-2019.

1. INTRODUZIONE

Le politiche di *circular economy* si pongono come obiettivi la limitazione del consumo delle risorse naturali e la riduzione della generazione dei rifiuti, incentivando l'allungamento della vita utile dei manufatti attraverso processi di riparazione/rigenerazione e la trasformazione del rifiuto in materia prima seconda attraverso pratiche di riciclaggio e di recupero dei materiali (COM 398, 2014; COM 614, 2015). Il settore edilizio rappresenta uno dei settori chiave per l'applicazione dell'economia circolare essendo esso causa della maggiore produzione di rifiuti (33,5% in EU-28) e di un rilevante consumo di energia (40% del totale consumo) e di materie prime (Eurostat, 2016). Solo in Italia, nel 2016, i rifiuti da costruzione e demolizione ammontavano a circa 54 milioni di tonnellate, rappresentando il 43,4% del totale dei rifiuti speciali prodotti nell'intera nazione (ISPRA, 2018).

Al fine di promuovere l'applicazione di strategie di circolarità nel settore edilizio, l'Unione Europea sta promuovendo azioni relative al miglioramento della gestione di rifiuti da costruzione e demolizione. In particolare, il protocollo "EU Construction and Demolition Waste Management Protocol" (2016) e, le seguenti "Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings" (2018) rappresentano due principali azioni che fanno parte del "Circular Economy Package" e sono allineate al "Construction 2020 Strategy".

Queste iniziative spingono gli Stati Membri a migliorare l'identificazione dei rifiuti, attraverso strategie di separazione e raccolta, la logistica dei rifiuti, attraverso la tracciabilità del flusso dei rifiuti, il trattamento dei rifiuti, incentivando efficienti processi di riciclaggio e il controllo della qualità del rifiuto, attraverso l'introduzione di etichettature e certificazioni.

È sempre più necessario mirare all'efficienza nell'uso delle risorse, non solo energetiche ma anche materiche, attraverso strategie non solo di riciclo

dei materiali ma anche di riuso dei componenti e degli stessi interi edifici (Giorgi et al., 2018). In tale contesto, quindi, il rinnovo del patrimonio edilizio diventa uno dei principali campi di applicazione delle strategie di *circular economy*. In Italia circa il 60% degli edifici è stato costruito prima del 1970 (Lavagna et al., 2016) e quindi necessita di un rinnovo dal punto di vista funzionale, tecnologico ed energetico. Il rinnovo degli edifici esistenti per raggiungere gli obiettivi per il 2020 e il 2050 riguarda la conservazione delle risorse e la decarbonizzazione viene dichiarato di fondamentale importanza anche nelle comunicazioni della Commissione Europea (COM 433, 2012).

Le stringenti politiche finalizzate al contenimento dei consumi energetici nel settore edilizio (2002/91/CE, 2010/31/UE, 2012/27/UE) hanno consentito un significativo incremento dell'efficienza energetica degli edifici durante la fase d'uso (Lavagna et al., 2018). Desta invece ancora un limitato interesse il tema del contenimento dei consumi di materie prime utilizzate per costruire edifici, il cui impiego è previsto in crescita nei prossimi anni (Fishman et al., 2016). Al fine di invertire questo trend, risulta determinante un cambiamento nei processi di progettazione e di gestione delle diverse fasi di vita dell'edificio: produzione dei materiali, costruzione, uso e fine vita. Inoltre, è necessario un miglioramento nella gestione delle informazioni: attualmente sono disponibili pochi dati riguardo l'uso dei materiali, anche riguardo l'estrazione delle materie prime, particolarmente rilevante nel settore delle costruzioni (Unep, 2016).

Allo stesso tempo si impongono strategie ambientalmente ed economicamente sostenibili da un punto di vista *Life Cycle*, attraverso la verifica per mezzo di metodologie scientifiche e standardizzate come il *Life Cycle Assessment* e il *Life Cycle Cost*. Solo grazie al supporto di tali strumenti di valutazione è possibile verificare l'effettiva sostenibilità delle differenti strategie circolari: non sempre l'efficienza delle risorse e la gestione dei rifiuti innescano processi sostenibili (Geissdoerfer et al., 2017; Giorgi et al., 2017).

Attualmente, in Italia, l'applicazione di processi circolari sostenibili è ancora ostacolata da barriere politiche, economiche e dalla mancanza di informazione e consapevolezza.

Questo articolo evidenzia sfide e opportunità di una transizione verso un processo edilizio circolare e sostenibile, a partire dall'individuazione di: miglioramenti legislativi, relazioni strategiche tra ope-

ratori e utilizzo di strumenti *Life Cycle* come ausilio decisionale.

2. METODO DI INDAGINE

In ragione del carattere olistico del concetto di economia circolare e della dispersione e frammentarietà delle informazioni disponibili, per la raccolta dei dati è stata scelta una metodologia di indagine di tipo qualitativo, ovvero l'intervista.

Durante la prima metà del 2018, sono state condotte una serie di interviste rivolte a operatori del settore edilizio, identificando i principali stakeholders del processo di riqualificazione, all'interno di un campione che comprendesse esperti, investitori, banche, progettisti, fornitori di componenti edili, imprese di costruzione, imprese di demolizione e gestori di rifiuti. Si sono identificate aziende di medio-grande dimensione, che operano a livello nazionale. La procedura di campionamento utilizzata è quella che viene definita "non probabilistica" oppure "ragionata": la selezione dei campioni riguarda soggetti che possano avere caratteristiche (culturali e di esperienza) per poter rispondere in modo consapevole ai temi affrontati durante l'intervista. Si è scelto pertanto di orientarsi metodologicamente verso colloqui con interlocutori privilegiati articolati su più incontri, piuttosto che sulla raccolta di questionari a risposta rapida (metodo quantitativo) a numerosi soggetti "random". Ciò ha consentito di meglio inquadrare gli obiettivi dell'indagine e di procedere all'individuazione delle barriere legislative, delle leve e dei cambiamenti che possano spingere verso un processo circolare sostenibile a partire dalla descrizione puntuale di esperienze sul campo. Nel corso dell'individuazione del campione da intervistare è emersa una prima criticità: non tutti gli operatori contattati erano disposti a un confronto sull'economia circolare, ritenendolo tema ancora poco conosciuto e condiviso nel contesto italiano. Ne è derivato un campione limitato ai soli soggetti già operativi sul tema. Attraverso le interviste, basate su domande aperte, è stato possibile instaurare con l'interlocutore un confronto mirato non solo alla conoscenza dello stato di fatto ma anche al ragionamento su possibili futuri scenari orientati alla circolarità.

L'obiettivo delle interviste è stato quello di individuare le pratiche attuali, le scelte progettuali, la gestione riguardo i materiali in input e in output nei processi di riqualificazione, la diversa relazione tra gli operatori influente sulla gestione dei flussi di

materiali e l'interscambio di informazioni. Come prima analisi, la ricerca ha individuato gli operatori che hanno la potenzialità di decidere tra le differenti strategie di rigenerazione edilizia e le loro reciproche relazioni, al fine di evidenziare i fattori che influenzano le decisioni durante l'intero processo edilizio. In particolar modo, sono stati indagati i fattori riferiti alla scelta tra demolizione e nuova costruzione o riqualificazione edilizia, alla scelta tra le diverse tecniche di demolizione (tradizionale, selettiva, decostruzione) e alla gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione (riuso, riciclo e conferimento in discarica). Solo capendo il processo decisionale è stato possibile individuare possibili cambiamenti (legislativi o procedurali) e gli operatori chiave da incentivare ed educare verso scelte sostenibili e circolari.

In una seconda fase l'indagine ha riguardato la pratica del riciclo dei rifiuti da costruzione e demolizione, in quanto essa rappresenta una delle strategie che permette di ottimizzare i flussi materici in uscita dal processo edilizio, destinandoli ad un nuovo processo di produzione e quindi ad un nuovo ciclo di vita. In tale contesto, la ricerca ha analizzato il livello di utilizzo di strumenti "*Life Cycle*" per la valutazione della sostenibilità ambientale ed economica dei processi di riciclo, in tutte le fasi della gestione dei rifiuti e dell'utilizzo del riciclato: dal trasporto dei rifiuti dal sito di origine al sito di riciclaggio, ai trattamenti da effettuare per le trasformazioni, alla produzione dei materiali in cui si sostituisce la materia prima con materiali riciclati.

L'indagine ha poi messo in evidenza le specificità della pratica del riuso/riutilizzo che presenta, in linea di principio, una più elevata efficienza ambientale in quanto evita a monte un nuovo processo trasformativo e i relativi impatti ambientali, e prolunga la vita dell'elemento soddisfacendo nuove esigenze.

Altro tema indagato è stato quello dei potenziali rifiuti evitabili durante le attività di riqualificazione: sono stati individuati rifiuti rappresentati da elementi praticamente nuovi, o comunque non arrivati a fine vita, sui quali sarebbe auspicabile intervenire.

Infine l'indagine ha consentito di verificare l'esistenza nel contesto italiano di dinamiche di business mirate al raggiungimento di strategie circolari e l'interesse degli operatori verso nuovi modelli di business, basati sulla fornitura di servizi anziché sulla vendita dei prodotti ("product-service system"), che possono avere un ruolo determinante per l'attivazione di processi circolari.

Di seguito, quindi, vengono descritti i risultati dell'indagine (infine riassunti nella Tabella 1), quali: i fattori che condizionano gli attuali processi decisionali (paragrafo 3.1), gli ostacoli e le leve al riciclaggio dei materiali (paragrafi 3.2 e 3.3), gli ostacoli e le leve al riuso dei materiali (paragrafi 3.4 e 3.5), i potenziali sprechi evitabili durante il processo di riqualificazione (paragrafo 3.6) e l'interesse degli operatori verso nuovi modelli di business (paragrafo 3.7).

3. RISULTATI

3.1. Fattori d'influenza delle scelte decisionali (riqualificazione versus demolizione)

Secondo l'analisi compiuta, il principale ruolo decisionale è rappresentato dall'investitore, ovvero chi gestisce il capitale finanziario e decide la tipologia di edificio da realizzare. È importante evidenziare che le scelte dell'investitore sono condizionate, in primis, dalla destinazione dell'edificio: ovvero se esso verrà destinato alla locazione o alla vendita. Quando vengono costruiti edifici destinati alla locazione l'orientamento è verso considerazioni e scelte progettuali mirate alla durabilità a lungo termine delle opere e alla loro facile manutenibilità. Gli investitori che realizzano edifici deputati alla vendita, generalmente, invece, hanno una prospettiva di breve termine per cui i temi di *design for disassembly* per una più facile adattabilità dell'edificio e gestione dei materiali a fine vita assumono un ruolo marginale. Da ciò emerge che l'investimento immobiliare mirato alla vendita costituisce uno dei primi ostacoli per l'applicazione dell'economia circolare nel processo edilizio.

La variabile del costo risulta comunque determinante ai fini della scelta tra un intervento di demolizione e ricostruzione oppure di riqualificazione. Nella fase decisionale iniziale, denominata due-diligence, si analizza la convenienza economica dell'intervento, attraverso l'identificazione dei rischi di investimento e dei costi/ricavi. Durante tale fase vengono individuate le qualità residue dei componenti dell'edificio e le potenzialità di sfruttamento degli spazi. In questa valutazione vengono considerati i costi per l'adeguamento alla normativa corrente delle varie parti dell'edificio, in particolare: la conformità antisismica della struttura portante, la prestazione energetica dell'involucro edilizio e la compatibilità spaziale conseguente al-

l'insediamento di nuove funzioni. Da quanto sopra scaturisce la prima valutazione, in termini economici, circa la convenienza della riqualificazione di un edificio, mantenendo la struttura portante e le altre parti possibili, rispetto alla sua demolizione e ricostruzione ex-novo. Particolare influenza svolgono anche gli oneri di costruzione e le tempistiche di approvazione per i titoli abilitativi. Anche se ogni comune italiano ha in merito facoltà decisionali autonome, tuttavia, nel complesso emerge che la riqualificazione, intervento che maggiormente ottimizza i flussi materici riducendoli a monte del processo, risulti economicamente più vantaggiosa e la richiesta dell'autorizzazioni più veloce.

Un ulteriore fattore, che influenza le scelte di intervento, è il ruolo cruciale della certificazione di sostenibilità (in Italia, maggiormente rappresentata dalla certificazione LEED). Infatti, è l'investitore a scegliere se promuovere o non promuovere un processo di design mirato a particolari target di sostenibilità e circolarità (volti, ad esempio, all'ottenimento di certificazioni come LEED, BREEAM, ecc.). La volontà dell'investitore di ottenimento di un edificio certificato è legato al fatto che in alcuni contesti, ad esempio quello urbano milanese, la certificazione di sostenibilità aumenta il valore dell'edificio (ad esempio il canone di affitto può crescere tra +7% e +11%, con un aumento di solo +1% del costo di costruzione (McGraw Hill Construction, 2008; Rebuild, 2018).

Molte azioni degli operatori dipendono dalla decisione di ottenere una certificazione di sostenibilità: in particolare le decisioni del progettista e del demolitore. Nel rispetto di un definito investimento finanziario, il primo ha il compito di decidere come ottenere il massimo livello di valutazione, scegliere i materiali e definire la strategia di sostenibilità, quindi, la definizione dei flussi materici in entrata e in uscita. In questa fase la scelta può tendere verso prodotto certificati (EPD o Cradle to Cradle), influenzando così scelte tecnologiche in fase progettuale. Il secondo decide le pratiche di demolizione dell'intero processo: se demolizione tradizionale, demolizione selettiva o decostruzione, l'organizzazione del cantiere di demolizione e la destinazione dei rifiuti. Il demolitore raccoglie i rifiuti di demolizione in base al codice dei rifiuti e, mediante ditte specializzate o autonomamente con licenza specifica, trasporta i rifiuti in discarica o presso impianti di recupero (per il riciclaggio degli stessi). Le pratiche di demolizione sono assoggettate al rispetto di particolari protocolli di sostenibilità, in quanto essi obbliga-

no il demolitore a migliorare il monitoraggio dei flussi in uscita, dichiarando le quantità dei rifiuti e la loro destinazione e indicando la percentuale destinata a riciclo.

Attualmente, però, tra le due figure chiave di progettista e demolitore non c'è uno scambio di informazioni diretto: di conseguenza, il progettista, in generale, non valuta la potenzialità di riciclo o riutilizzo in sito dei rifiuti generati dal processo di demolizione.

È stato comunque constatato che in nessuna fase del processo viene considerato il valore economico residuo dei materiali stoccati nell'edificio esistente e il potenziale ricavo derivato dalla vendita degli stessi (il loro riutilizzo o riciclo). Tali materiali vengono considerati solo "rifiuti" e quindi rientrano nella valutazione economica solo i costi di conferimento a discarica o luogo di recupero/riciclo, comunque senza influire particolarmente sulle decisioni. Non essendoci ancora una domanda di mercato, molti materiali in uscita dal processo di costruzione e demolizione non hanno ancora un proprio valore (es. inerti) rappresentando solo un onere; mentre per i rifiuti che hanno domanda di mercato (es. rottami di metallo) e quindi che hanno una propria quotazione economica, il valore rimane ancora intrinseco nel costo di demolizione, restando quasi ignoto all'investitore e a tutti gli altri operatori del processo di riqualificazione edilizia.

Durante l'intervista agli operatori è stato chiesto di indicare se qualche scelta progettuale e/o gestionale venga supportata da strumenti *Life Cycle* che possano valutare l'effettiva sostenibilità delle stesse scelte. È stato riscontrato che sia in fase progettuale di intervento che, soprattutto, in fase gestionale del rifiuto gli strumenti *Life Cycle*, come *Life Cycle Assessment* e *Life Cycle Costing*, non sono utilizzati, sia per mancanza di competenze a riguardo, sia per la non obbligatorietà dell'utilizzo degli stessi durante il processo.

3.2. Ostacoli per il riciclo

Dall'analisi effettuata si è potuto riscontrare che attualmente in Italia sussistono barriere economiche, logistiche e culturali. Per quanto riguarda gli aspetti economici, emerge per esempio come i prezzi delle materie prime per confezionare calcestruzzo siano in Italia molto contenuti inibendo la domanda di aggregati riciclati. Il prezzo dell'aggregato naturale è circa 10 €/ton mentre quello dell'aggregato riciclato è circa 7 €/ton. Una differenza di prezzo di

solamente 3 €/ton non incentiva l'utilizzo dell'aggregato riciclato, ancora considerato da molti operatori poco affidabile. Di conseguenza la richiesta di mercato di materia prima seconda, in Italia, è molto bassa. Inoltre in molte regioni il conferimento in discarica risulta economicamente molto più conveniente del conferimento in impianti di riciclaggio. Infatti, il prezzo di discarica, che il "produttore del rifiuto" deve pagare, può variare da 1 €/ton a 10 €/ton (legge 549/1995 sui costi di discarica dei rifiuti solidi) mentre, generalmente, il prezzo per conferire gli inerti ai centri di raccolta per il riciclo costa circa 7€/ton. I ricavi della vendita di materiali da riciclo non sono destinati al "produttore del rifiuto", ma è il centro di raccolta (e di trattamento) a trarre ricavo dalla potenziale vendita della materia prima seconda. Ne consegue che per il "produttore del rifiuto" il conferimento al centro di raccolta per il riciclo, attualmente, conviene solo se il prezzo di discarica risulta maggiore.

Queste barriere economiche sono il risultato di una mancanza di leggi che disincentivino notevolmente (o anche vietino) il conferimento in discarica, e leggi che definiscano chiare procedure di end-of-waste e di tracciabilità dei flussi materici. Le barriere logistiche rappresentano un ulteriore ostacolo per le pratiche di riciclaggio: le distanze di trasporto, portano a neutralizzare i vantaggi economici e ambientali dello stesso. In particolare, per una piccola quantità di rifiuti, generati in lavori di demolizione di medie o piccole dimensioni, una lunga distanza dall'impianto di trattamento può portare a preferire il conferimento in discarica, se essa è più vicina. Addirittura, è da considerare anche il grave problema dello smaltimento illegale dei rifiuti al fine di evitare il prezzo di discarica: ciò avviene, generalmente, nei casi di piccoli interventi di edilizia privata e viene favorito dalla mancanza di un accurato monitoraggio dei rifiuti del settore edilizio.

Le statistiche mostrano che in Italia il 76% dei rifiuti da demolizione e costruzione (escludendo le terre da scavo) viene riciclato o recuperato, quindi che l'obiettivo stabilito dalla normativa 2008/98/CE sia raggiunto (Resource Efficient Use of Mixed Wastes, 2015). Tuttavia, la quantità maggiore di rifiuto da costruzione e demolizione in Italia è costituita da inerti, che rappresentano il 75-85% del totale (ISPRA 2018). La percentuale della Direttiva, di conseguenza viene soddisfatta dal solo trattamento degli inerti, non considerando altre frazioni di rifiuti da costruzione e demolizione più leggere, come ad esempio materiali di ori-

gine sintetica, che possono avere una più alta potenzialità di recupero/riciclo, se valutati attraverso strumenti di sostenibilità *Life Cycle*, come LCA ed LCC. Tuttavia, la stessa normativa considera “riciclata o recuperata” anche la quota “destinata alla preparazione per il riciclo”. Spesso accade che in Italia, a causa dell’assenza di mercato, tale quota rimane invenduta per molto tempo. Detti residui, restando per lunghi periodi nei centri di stoccaggio diminuiscono progressivamente il loro valore. Infatti, i centri di raccolta per il riciclo traggono maggiore guadagno dal ritiro dei rifiuti inerti (il ricavo è di circa 7 €/ton per i rifiuti inerti) piuttosto che dalla vendita della materia prima seconda (il prezzo di vendita è di circa 3-7 €/ton per gli aggregati riciclati utilizzati per sottofondi stradali). Sicuramente si otterrebbe una contro tendenza (ovvero, maggiore ricavo per i centri di stoccaggio) se si riuscisse a stimolare la richiesta di materia prima seconda.

Attualmente, la maggior parte del riciclaggio è rappresentato da pratiche di downcycling, principalmente a causa della bassa qualità dell’aggregato stesso derivato anche delle tecniche costruttive che caratterizzano il patrimonio edilizio italiano, ovvero struttura portante in calcestruzzo armato, solaio in latero-cemento e involucro in laterizio con finitura ad intonaco. Durante il processo di demolizione una maggiore suddivisione dei rifiuti inerti porterebbe ad un materiale di maggiore qualità. Di contro, la suddivisione in cantiere dei rifiuti tra diversi codici (CER, Direttiva 75/442/CE) è molto difficile in quanto comporta un’attenta e costosa pulizia dei materiali. Il trasporto di rifiuti che presentano residui di altri materiali (quindi non separati accuratamente) viene punito secondo la legge riguardante l’assoggettamento della responsabilità penale in materia di suddivisione e trasporto dei rifiuti (D.Lgs. 152/2006). Di conseguenza, al fine di non violare tale legge, molte volte il gestore dei rifiuti di cantiere tende a generalizzare i rifiuti inerti in un unico codice (CER), che risulta un mix legale per il trasporto ma difficile da riciclare. Quindi, al centro di riciclaggio viene conferito un rifiuto di bassa qualità, portando a costi di conferimento più alti e prezzi di vendita della materia prima seconda più bassi. Tale ostacolo è causato anche dalla mancanza di monitoraggio pre-demolizione che potrebbe stimolare una maggiore differenziazione del rifiuto. Anche la tendenza a produrre nuovi prodotti composti da diversi materiali accoppiati, difficili da separare, crea un ulteriore ostacolo al riciclaggio. È importante, quindi, orien-

tare la produzione verso prodotti facilmente disassemblabili, dal livello del materiale al livello dell’intero edificio. Si ripresenta dunque il ruolo cruciale del progettista, che deve scegliere strategie progettuali e prodotti mirati al futuro disassemblaggio, in previsione di rifiuti da demolizione atti al processo di riciclaggio. Per questo motivo, è necessario mettere in relazione le istanze di demolitori e progettisti, anche attraverso il supporto di specifici strumenti, per la definizione di un progetto che consideri il fine vita dell’edificio stesso e il riuso/riciclo dei materiali.

Diversamente dagli inerti, i metalli hanno attualmente richiesta di mercato e quindi il riciclaggio viene sempre praticato. Tuttavia, al fine di ottenere un processo di riciclaggio più efficiente, ogni oggetto metallico dovrebbe rientrare in una catena di riciclaggio specifica con un codice specifico (CER); attualmente la classificazione raggruppa diversi metalli in un unico codice. Lo stesso succede anche per i materiali isolanti. Inoltre, molti processi di separazione non sono richiesti dalla legge nonostante il loro valore (ad esempio cavi elettrici composti da PVC e rame), conseguentemente il loro processo di riciclaggio non viene promosso.

3.3. *Leve per il riciclo*

Per quanto riguarda le leve per il riciclo di materiali ed elementi costruttivi, gli operatori intervistati affermano che in Italia non esistono incentivi (ad es. economici come detrazioni fiscali o bonus) per quanto riguarda l’uso di specifici materiali riciclati/riciclabili. Tuttavia, le interviste evidenziano che il rispetto dei criteri LEED rappresenta un incentivo volontario per il riutilizzo e il riciclaggio. La conservazione di porzioni di edificio, come la struttura portante, durante il processo di riqualificazione, l’utilizzo di prodotti riciclati e/o riciclabili, rientrano infatti tra le richieste dei criteri dei protocolli di sostenibilità.

Dopo il 2008 sono state promosse dinamiche di riciclaggio grazie alle percentuali minime definite dalla Direttiva 2008/98/CE (in Italia D.Lgs. 205/2010). In effetti, la Direttiva stabilisce che, entro il 2020, la preparazione per il riutilizzo, il riciclaggio e il recupero dei rifiuti da costruzione e demolizione non pericolosi dovrà ammontare almeno al 70% in termini di peso. Tuttavia attualmente non ci sono leggi che costringono i demolitori e i gestori dei rifiuti a dichiarare la destinazione di una percentuale minima di rifiuti da costruzione e demolizione al riciclaggio. Solo se si vuole ottenere

una certificazione di sostenibilità (come LEED) c'è l'obbligo di dichiarare la percentuale di rifiuti destinati al riciclaggio.

In Italia, comunque, un'importante leva per il riciclo dei materiali da costruzione è rappresentata dal *Green Public Procurement* (D.Lgs. 50/2016), secondo cui le Pubbliche Amministrazioni devono integrare Criteri Ambientali Minimi (CAM) nell'ambito degli appalti pubblici.

I Criteri Ambientali Minimi del GPP in edilizia italiani contengono diverse indicazioni riguardo il tema del riciclo, che potrebbero fornire un significativo impulso al mercato delle materie prime seconde:

- il 15% in peso del totale di tutti i materiali utilizzati, deve contenere materia prima seconda riciclata o recuperata, anche considerando diverse percentuali per ogni materiale; di tale percentuale, almeno il 5% deve essere costituita da materiali non strutturali;
- almeno il 50% dei componenti edilizi e degli elementi prefabbricati deve essere sottoponibile, a fine vita, a demolizione selettiva ed essere riciclabili o riutilizzabili; di tale percentuale, almeno il 15% deve essere costituita da materiali non strutturali, rapporto calcolato sia al volume sia al peso dell'intero edificio;
- nei casi di ristrutturazione, manutenzione e demolizione, almeno il 70% in peso dei rifiuti non pericolosi generati, escludendo gli scavi, deve essere preparato per il riutilizzo e il riciclaggio;
- la percentuale di materia recuperata o riciclata deve essere dimostrata tramite una dichiarazione ambientale di Tipo III (conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025), o certificazioni di prodotto rilasciate da un organismo di valutazione della conformità (come ReMade in Italy, Plastica Seconda Vita o equivalenti), o tramite rapporto di ispezione all'azienda produttrice rilasciato da un organismo di ispezione in conformità alla ISO/IEC 17020:2012.

Gli operatori hanno tuttavia ancora molti dubbi al riguardo e attualmente ci sono pochissimi casi di applicazione.

3.4. Ostacoli per il riuso

A seguito delle interviste agli operatori, sono stati identificati i principali ostacoli al riutilizzo degli elementi costruttivi: essi riguardano principalmente l'aspetto economico, estetico, logistico e di responsabilità. Di conseguenza anche se un elemento o componente potrebbe essere riutilizzato perché

ha mantenuto le prestazioni richieste dalla normativa (prestazioni termiche, meccaniche ecc.), in genere si evita di innescare un processo di riutilizzo. Il primo limite a frenare la pratica del riuso è ancora una volta quello economico: l'alto costo di operatori esperti nelle fasi di disassemblaggio – stoccaggio – pulizia/ricondizionamento – ri-assemblaggio. Gli operatori esperti sono pochi e, in Italia, non sono ancora state innescate relazioni costanti tra i diversi operatori (come succede in alcuni casi virtuosi in Olanda, tra aziende di demolizione, logistiche e aziende manifatturiere) per semplificare il processo del riuso/riutilizzo diminuendone gli oneri. Di conseguenza gli elevati costi portano ad ostacolare la diffusione dell'uso di materiali riusati, non innescando una domanda di mercato di materiali riusati.

Spesso anche gli aspetti estetici sono una causa che determina il mancato riutilizzo: non c'è una cultura diffusa al reimpiego di materiali e in Italia, a differenza di altri contesti europei, il prodotto riusato è ancora percepito come un prodotto di poco valore. Accade solo che possa esserci richiesta di mercato per particolari elementi decorativi, con valore storico o artistico e che non devono soddisfare particolari requisiti meccanici e prestazionali.

Di conseguenza, vengono a mancare anche appositi spazi di stoccaggio degli elementi e la logistica del processo in generale. La mancanza di ditte specializzate, di piattaforme per lo scambio di elementi, e di conseguenza sempre i costi eccessivi per compiere tutti i passaggi, porta a disincentivare del tutto il fenomeno del riuso.

Vi sono infine ostacoli che derivano dalla normativa relativa alle dichiarazioni di responsabilità nell'impiego dei materiali. Attualmente i progettisti e in particolar modo i costruttori (art. 1669 del Codice Civile che identifica la garanzia dell'opera per 10 anni da parte del costruttore) devono assumersi la responsabilità della "conformità" dell'opera (richiesta dalla legge italiana) e quindi di tutti gli elementi di cui è composto l'edificio. Purtroppo non è ancora possibile certificare la qualità e la durabilità di un materiale riusato, in quanto c'è una mancanza di dati e di conoscenza sulla storia del materiale stesso. Di conseguenza progettisti e costruttori tendono a non volersi prendere la responsabilità di utilizzare materiali senza certificazione, non esistenti altresì garanzie o figure terze che rivestono un ruolo di "assicurazione" per il materiale di riuso.

Esistono grandi potenzialità di riuso tra i rifiuti che rappresentano quasi una costante nei processi di ri-

generazione. Durante i processi di rigenerazione del patrimonio, come detto nel primo paragrafo, si può tendere a preferire il riuso di parti dell'edificio per ottenere premialità per le certificazioni di sostenibilità, ma soprattutto per richiedere titoli abilitativi meno costosi e più celeri. In quasi tutti i casi di rigenerazione, comunque, gli interni (partizioni e relativi rivestimenti, infissi, tutte le parti mobili) e i sistemi impiantistici (non solo i condotti ma anche tutti gli elementi terminali come i corpi illuminanti) sono sostituiti e destinati alla discarica, mentre potrebbero essere riusati.

3.5. *Leve per il riuso*

Durante le interviste condotte non si sono riscontrate particolari leve per il riuso, in Italia. La normativa 2008/98/CE stabilisce, nel principio gerarchico dei rifiuti, la prevenzione e il riutilizzo/riuso dei rifiuti come le prime due strategie più virtuose, in quanto evitano la generazione di rifiuto prolungando la vita utile dell'elemento. Nonostante ciò non esistono incentivi economici o obblighi normativi che promuovano il riuso/riutilizzo e la istituzione di network tra operatori, o cambiamenti di modelli di business per facilitare tali processi.

3.6. *Rifiuti e sprechi materici evitabili*

Gli operatori intervistati identificano due fasi principali del processo di riqualificazione edilizia in cui è possibile evitare tali sprechi.

La prima è la fase costituita dalla sostituzione del fit-out che si rende necessaria allorché gli edifici costruiti senza conoscere l'utilizzatore finale risultano poi inadeguati alle funzioni alle quali vengono destinati (frequente nel settore immobiliare in caso di affitto). La seconda è la fase di costruzione.

La sostituzione del *fit-out*, rappresenta una peculiarità del mercato edilizio italiano. In Italia, sussiste l'obbligo di dichiarazione di conformità dell'edificio quando lo stesso è finito ("Fine del lavoro", DPR 380/2001 e relativa modifica). La legislazione italiana considera "edificio finito", quando lo "shell and core" sono terminati, includendo pavimentazione, controsoffitti e tutti gli impianti (riscaldamento, acqua calda sanitaria, climatizzazione, illuminazione, impianti antincendio ecc.). Senza dichiarazione di "fine lavori" non vi è possibilità da parte del compratore o dell'affittuario di entrare in possesso dell'edificio. Siccome nella maggior par-

te dei casi l'utente finale non è individuato prima della dichiarazione di fine lavori, capita spesso che, quando l'edificio, ad esempio, è ceduto ad un'impresa con una forte immagine aziendale, il fit-out dello stesso venga modificato totalmente. Questa pratica porta a sprecare materiali nuovi in quanto per la riprogettazione degli spazi, i soffitti, i pavimenti e parte dei sistemi impiantistici vengono rimossi e destinati a discarica. Ciò accade anche perché sono difficili da trovare sul mercato prodotti facilmente disassemblabili, e la maggior parte degli interni sono realizzati con pannelli in cartongesso che attualmente non vengono riutilizzati.

Tale tipo di spreco potrebbe essere evitato se cambiasse le normative di fine lavori, o se esistesse la possibilità di installare elementi adattabili che possano essere smontati e riutilizzati in altri luoghi. Tuttavia, questo porta alle esigenze di stoccaggio degli elementi e a una diversa gestione del sito.

Per quanto riguarda la fase di costruzione, un riferimento più esteso a modalità costruttive off-site (Jin et al., 2018) potrebbe evitare molti rifiuti. Anche in questo caso il ruolo del progettista è cruciale, perché tutto il processo è basato sulla progettazione per l'assemblaggio. La massima industrializzazione dei componenti e il facile assemblaggio in sito portano ad aumentare i tempi della fase di progettazione (essendo necessario l'uso di software 3D nella modellazione di ciascun componente), ma riescono ad accorciare i tempi di cantiere, evitando molti rifiuti da costruzione e demolizione a fine vita. Inoltre è importante scegliere imballaggi riutilizzabili, in quanto l'edilizia off-site porta ad aumentare i rifiuti da imballaggi (WRAP, 2009). In Italia, però, la mancanza di richiami a tecniche off-site nel "prezzario dei lavori edili" (regolato da L.R. 38/2007), che rappresenta un punto di riferimento economico per la definizione e la verifica delle gare pubbliche, è un ostacolo alla diffusione di tali tecniche.

3.7. *Modelli di business*

L'analisi ha inoltre riscontrato la mancanza in Italia di modelli di business mirati alla circolarità. Di conseguenza con le interviste è stato indagato se sussiste attualmente un interesse da parte degli operatori verso nuovi business basati sulla fornitura di servizi anziché sulla vendita di prodotti (product-service system). In edilizia tali modelli trovano ancora difficoltà di attivazione, questa

Tabella 1 – Risultati di analisi

| TEMI ANALIZZATI | OSTACOLI ATTUALI | LEVE ATTUALI | OPERATORI CHIAVE |
|--|--|--|--|
| Fattori di influenza alle scelte decisionali (demolizione versus riqualificazione) | 1-Investitori non interessati al ciclo di vita dell'edificio (quando esso è destinato alla vendita) | 1-Rispetto di certificazioni di sostenibilità (LEED BREEAM) | Investitore Progettista |
| | 2-Mancanza di uno scambio di informazioni tra progettista e demolitore | 2-Titoli abilitativi che, per tempistiche e costi, portano la committenza a preferire interventi di riqualificazione piuttosto che di demolizione e nuova costruzione. | |
| | 3-Nessuna valutazione Life Cycle sulla sostenibilità delle scelte. | | |
| Pratica del Riciclo | 1-Materie prime poco costose (in particolare per materiali inerti) | 1-Criteri dei protocolli di sostenibilità che incentivano il riuso di parti di edificio e l'uso di materiali riciclati/riciclabili | Progettista |
| | 2-Bassi costi per il conferimento in discarica (in particolare per rifiuti inerti) | 2-Direttiva 2008/98/CE: 70% di recupero dei rifiuti da costruzione e demolizione | |
| | 3-Mancanza della domanda di mercato (in particolare per aggregati riciclati) | 3-Criteri ambientali Minimi dei Green Public Procurement: | |
| | 4-Mancanza di procedure End-of-Waste | - il 15% dei materiali deve contenere materia prima seconda riciclata o recuperata | Impresa di demolizione |
| | 5-Mancanza di reti di relazione tra diversi operatori che possano stimolare la logistica del riciclo dei materiali | - almeno il 50% dei componenti edilizi e degli elementi prefabbricati deve essere sottoponibile, a fine vita, a demolizione selettiva ed essere riciclabili o riutilizzabili | Gestore dei rifiuti |
| | 6-Bassa qualità dell'aggregato derivato da pratiche di demolizione tradizionali (non demolizioni selettive) | - almeno il 70% dei rifiuti non pericolosi deve essere preparato per il riutilizzo e il riciclaggio | |
| | 7-Tecnologie costruttive e materiali compositi difficili da disassemblare. | - dimostrazione della percentuale di materia recuperata o riciclata tramite una dichiarazione ambientale di Tipo III o certificazione riconosciuta | |
| Pratica del Riuso | 1-L'alto costo di operatori esperti nelle fasi di disassemblaggio-stoccaggio – pulizia e ricondizionamento – riassetto | 1-Direttiva 2008/98/CE che stabilisce la gerarchia dei rifiuti, ponendo di prima importanza il riuso, anziché il riciclo. | Progettista Impresa di demolizione |
| | 2- Cultura poco diffusa al reimpiego di materiali | | |
| | 3-Mancanza di piattaforme condivise per la creazione di networking per il riuso di elementi | | |
| | 4-Impossibilità di certificazione di un materiale riusato. | | |
| Rifiuti e sprechi evitabili | 1-Mancanza di prodotti facilmente disassemblabili | | Progettista Produttore Impresa di costruzione |
| | 2-Dichiarazione di fine lavori che spesso costringe alla realizzazione di fit-out interni che, tendenzialmente, vengono demoliti e sostituiti al momento della locazione | | |
| | 3-Rifiuti generati in fase di cantiere causati da packaging e variazioni progettuali derivate da una non accurata progettazione esecutiva. | | |
| | 4-Mancanza di richiami a tecniche off-site nel "prezzario dei lavori edili". | | |
| Modelli di Business | 1-Natura del "sistema edificio": oggetto immobile e di lunghissima durata | | Produttore Fornitore di componenti edilizi Investitore |
| | 2-Mancanza di accordi "win-win" tra produttore/fornitore e utente finale. | | |

volta non solo per motivi legislativi o logistici, ma soprattutto per la peculiarità del "sistema edificio" che essendo un "oggetto" immobile e di lunghissima durata non si presta facilmente in tutte le sue parti all'attivazione di product-service system.

In alcuni paesi europei molte aziende si stanno muovendo verso queste forme di business. Le aziende che si sono attivate in questa direzione forniscono elementi mobili come attrezzature e arredamento ma anche sistemi impiantistici ed energia, quali riscaldamento e illuminazione sotto forma di servizi. Il fornitore resta proprietario del pro-

dotto che eroga servizio e, attraverso un processo di recupero a fine vita utile e di rimanifattura o semplice ricondizionamento, reimmette sul mercato lo stesso prodotto. Esistono anche opportunità "win-win solution" basate su accordi tra produttori e utenti finali che stabiliscono il ritorno dell'elemento al produttore dopo un periodo di tempo stabilito.

Anche nel contesto italiano sembra che modelli di business basati sul servizio inizino a suscitare interesse tra gli operatori (ad esempio nel caso dell'energia, con le Esco), ma ci sono ancora pochi casi di attuazione e non esiste una chiara consape-

volezza a riguardo, la richiesta è molto ridotta e viene preferito ancora il tradizionale modello di acquisto.

4. DISCUSSIONE

4.1. Individuazione dei cambiamenti legislativi, procedurali e strumentali

Sulla base delle interviste effettuate e quindi dell'analisi delle attuali barriere e leve al riciclo/riuso, la ricerca individua i possibili miglioramenti legislativi necessari per l'introduzione di pratiche circolari, le possibili relazioni tra diversi operatori che possano portare ad un uso più efficiente delle risorse, le fasi di processo e gli operatori chiave che devono essere stimolati verso l'utilizzo di strumenti *Life Cycle* come supporto per la scelta delle differenti strategie circolari. Vengono inoltre illustrate le tredici azioni chiave individuate dal gruppo di lavoro del GBC Italia.

4.1.1. Miglioramenti legislativi

In merito ai miglioramenti dal punto di vista legislativo, al fine di raggiungere un'ottimizzazione dei flussi materici, è necessaria in Italia, l'approvazione di normative che incentivino il riuso degli edifici e delle loro parti e il riciclo dei rifiuti da costruzione e demolizione.

Occorrono leggi mirate che stabiliscano obblighi (e relative sanzioni in caso di non adempimento), e che stimolino l'attivazione dell'economia circolare con un approccio "top down":

- normative che limitino il consumo di suolo a livello nazionale, innescando una domanda di mercato verso la rigenerazione degli stock di edifici e, quindi, verso la disponibilità delle risorse immagazzinate negli stessi;
- normative sul divieto di estrazione di materie prime (ad esempio vietare l'apertura di nuove cave), ciò porterebbe ad una maggiore richiesta verso l'uso delle materie prime secondarie;
- richieste più ambiziose nei criteri ambientali minimi del *Green Public Procurement*;
- procedure di "fine lavori" più flessibili alla situazione di mercato, al fine di evitare sprechi materici, come nel caso del fit-out negli edifici riqualificati destinati alla locazione/vendita (che non hanno una progettazione customizzata).

Inoltre è necessaria l'introduzione di premialità, ad esempio incentivi economici o bonus di costruzione volumetrici (come avviene nel caso di edifici ad alta efficienza energetica) per le pratiche orientate alla circolarità dei flussi dei materiali.

Tali premialità costituiscono un approccio bottom-up verso la spinta all'economia circolare e possono essere:

- incentivi per chi usa materiali da costruzione con contenuto di riciclato e riciclabili, o elementi riusati;
- incentivi per la progettazione dello smontaggio e la costruzione off-site (aggiungendo le tecniche nel "listino prezzi dei lavori di costruzione", al fine di evitare sprechi materici);
- premialità nelle certificazioni di sostenibilità (*Green Rating Rating System*) con criteri utili per valutare le potenzialità del progetto rispetto ai temi alla *circular economy*.

4.1.2. Relazioni lungo la catena di valore e attivazione di modelli di business

Delle interviste effettuate si palesano chiaramente le difficoltà di cooperazione tra i diversi operatori, la mancanza di operatori specifici e la mancanza di diffusione di product service system: tutto ciò rappresenta un notevole ostacolo a un sistema di economia circolare. Di conseguenza, risulta fondamentale:

- mettere in relazione le istanze di investitore e gestore dei rifiuti, al fine di ottenere una consapevolezza da parte degli investitori sul valore dei rifiuti / materiali e promuovere la durabilità e una seconda vita (attraverso il processo di riutilizzo / riciclaggio) dei materiali.
- mettere in relazione le istanze di progettista e produttore, al fine di consentire la condivisione delle informazioni e delle esigenze, utilizzando anche software Building Information Modeling (BIM), per la definizione di materiali ed elementi facilmente smontabili e riutilizzabili;
- mettere in relazione le istanze di progettista e demolitore, anche utilizzando nuovi strumenti come audit pre-demolizione, per avere una condivisione di informazioni sulla consistenza e sulla qualità dei materiali valutando il possibile riutilizzo e il riciclaggio di componenti e materiali;
- sostenere l'attivazione di reti di operatori quali demolitori, logistiche e produttori per il riutilizzo / riciclaggio di materiali;
- individuare e formare figure professionali atte alla mappatura dei flussi materici, attraverso inventari pre-demolizioni che migliorino anche la classificazione del codice dei rifiuti al fine di stimolare una migliore separazione e raccolta dei rifiuti verso una catena del valore per il riciclaggio;
- definire operatori esperti per le fasi di smontaggio – ricondizionamento – riassettaggio degli elementi e l'individuazione di spazi di stoccaggio;

- definire gli spazi per la raccolta dei rifiuti da riciclare, al fine di facilitare la logistica (raccolta e trasporto) dei rifiuti allo smistamento anche per piccole quantità di rifiuti; a tale proposito si vuole evidenziare il lavoro svolto da Centro Materia Rinovabile che ha proposto un disegno di legge che identifichi i luoghi di fornitura dei materiali edili come possibili luoghi di stoccaggio temporanei;
- stabilire figure professionali che possano rivestire un ruolo di responsabilità/assicurazione per l'uso degli elementi riusati;
- promuovere una catena di servizi di fornitura (a partire dalla componente di breve durata), al fine di recuperare i materiali e attivare nuove attività di prodotti riutilizzati e rigenerati.

4.1.3. Strumenti di valutazione del ciclo di vita ambientale ed economico a supporto delle decisioni

Al fine di realizzare pratiche circolari sostenibili, le strategie circolari per l'ottimizzazione materica devono essere valutate anche dal punto di vista della sostenibilità. A tale fine il supporto di strumenti di valutazione *Life Cycle* è in grado di quantificare gli impatti reali; la valutazione del ciclo di vita (*Life Cycle Assessment*) e il costo del ciclo di vita (*Life Cycle Costing*) sono di fondamentale importanza e devono essere introdotti durante le fasi decisionali del processo di rigenerazione, dalla gestione del fine vita dell'edificio esistente alla fase progettuale della riqualificazione.

Vengono identificate due fasi decisionali cruciali in cui è fondamentale la verifica della sostenibilità:

- la fase di progettazione (operatori: progettista e investitore); valutando l'impatto ambientale e le opportunità di mercato con l'approccio *Life Cycle* durante la scelta progettuale, (es. scelta di riqualificazione anziché demolizione e scelta di un edificio reversibile anziché uno tradizionale), si evitano inutili sprechi e si massimizzano il valore e l'uso sostenibile dei materiali;
- la fase di gestione dei rifiuti (operatori: progettista e demolitore); valutando l'impatto ambientale e le opportunità di mercato con l'approccio *Life Cycle* durante la scelta della destinazione dell'elemento o materiale (es. tra riuso, riciclo o smaltimento in discarica) si promuove l'efficienza delle risorse e il trattamento sostenibile dei rifiuti.

Per incentivare l'uso di strumenti *Life Cycle* in queste due particolari fasi del processo, sono necessarie politiche che diano impulso al loro utilizzo, ma

ancora prima è necessaria la diffusione della consapevolezza e della conoscenza in merito alla sostenibilità delle scelte, e quindi la preparazione di esperti che affianchino obbligatoriamente i suddetti operatori. In caso contrario, l'attivazione di pratiche circolari per l'ottimizzazione dei flussi materici potrebbe essere vana in quanto potrebbe non effettivamente portare ad una riduzione degli impatti ambientali.

4.2. Le 13 azioni chiave individuate dal gruppo di Lavoro GBC

Parallelamente al lavoro di ricerca presentato in questo articolo, la partecipazione al gruppo di lavoro sull'economia circolare del Green Building Council Italia è stata un'occasione di ulteriore confronto con stakeholders del settore edilizio italiani. Il gruppo di lavoro ha individuato un totale di 13 azioni chiave per la transizione verso l'economia circolare in edilizia, in molti casi coincidenti con i temi individuati. Le azioni vengono qui di seguito riportate:

- transizione da un approccio bottom up all'approccio top down: indicando la necessità in Italia di un quadro legislativo che applichi regolamenti che promuovano l'uso di materie prime seconde (ad esempio, adottando politiche di tassazione sull'uso di materie prime o limiti il consumo di suolo vergine per promuovere la riqualificazione del costruito esistente);
- monitoraggio dei flussi alla macroscale: analizzando i flussi (quantitativi-economici) di risorse/rifiuti in un'area urbana (distretto) per poter avere una mappatura generale dei flussi e poter innescare strategie di riuso-sharing controllato, attraverso l'uso di "big data" e nuove tecnologie digitali;
- creazione di piattaforme per lo scambio di materiali e prodotti e di informazioni: costituendo un database riconosciuto, credibile/affidabile e accessibile a tutti gratuitamente per lo scambio di informazioni e di materiali;
- definizione di criteri per la disassemblabilità: promuovendo l'uso di strumenti e metodi di analisi di differenti modalità di posa in opera dei principali elementi tecnici di un edificio per consentire di valutare il requisito di disassemblabilità;
- adozione di strumenti per la demolizione selettiva e pre-demolition audit: promuovendo, tramite incentivi o obblighi normativi pratiche di cantiere più efficaci e una valorizzazione dei mate-

- riali derivanti dalla demolizione (essi dovrebbe servire come mezzo di comunicazione tra il progettista e il demolitore/gestore rifiuti);
- adozione di strumenti per la gestione del fine vita, tracciabilità dei prodotti e material passport: promuovendo (sia nell'ambito dei CAM sia nell'ambito dei *Green Building Rating System*) la tracciabilità del prodotto (ad esempio grazie a strumenti di material passport) e dunque facilitare il riuso e il riciclo;
 - introduzione di procedure per verificare la qualità del riciclato/riusato e procedure di qualificazione: sviluppando procedure di qualificazione dei prodotti riciclati che consentirebbero un superamento della diffidenza sull'uso di materie prime seconde;
 - sviluppo di azioni politiche per la rimozione di ostacoli normativi al riciclo e per l'uso di incentivi: sviluppando apparati normativi che vengano maggiormente incontro alle politiche di riuso e riciclo, al fine di superare anche le barriere economiche rappresentate dai costi di ricaratterizzazione delle materie prime seconde e i costi del disassemblaggio degli elementi/componenti dell'edificio;
 - raccolta e caratterizzazione dei rifiuti e stabilizzazione dei flussi per la continuità di filiera: promuovendo nuove catene del valore partendo dall'individuazione dei flussi materici quantitativamente significativi e stabili (per esempio stimolando il riciclo pre-consumo);
 - implementazione di criteri e specifiche nei CAM nel GPP: sviluppando specifiche più chiare per la corretta applicazione in merito ad alcuni criteri (come la disassemblabilità), che costituiscono una importante leva nella promozione di politiche di circolarità, ed esempi per la corretta applicazione degli stessi;
 - diffusione di incentivi alla ricerca e sviluppo per le PMI: attivando finanziamenti (bandi, incentivi economici o fiscali, ecc.) per agevolare investimenti in ricerca e sviluppo da parte delle PMI e sostenere partnership tra realtà produttive diverse;
 - definizione di criteri uniformi nelle certificazioni ambientali di prodotto: riducendo la proliferazione di certificazioni con criteri diversi e facendo maggiore chiarezza sull'interpretazione dei criteri e sulla modalità di utilizzo delle certificazioni;
 - strumenti per la verifica dell'efficacia e sostenibilità delle azioni di circolarità: integrando strumenti di verifica dei risultati di politiche, strategie e azioni di circolarità, come i metodi LCA e

LCC, che permettono una valutazione della effettiva sostenibilità ambientale ed economica evitando *burden shifting* tra una fase del ciclo di vita e un'altra; definendo inoltre indicatori di circolarità, che consentano di valutare l'efficacia delle strategie di "chiusura del ciclo".

5. CONCLUSIONI

L'indagine effettuata mostra che l'Italia presenta ancora diverse barriere per l'attivazione di processi di circolarità e di efficientamento materico e che le relazioni frammentate e discontinue degli operatori del settore non favoriscono l'evolversi positivo delle problematiche. Attualmente una questione molto critica è rappresentata dal riciclo del materiale inerte, ovvero la frazione di rifiuto quantitativamente maggiore, che risulta ostacolato da barriere economiche e culturali che portano ad una bassa domanda di mercato.

La ricerca ha identificato che per raggiungere un processo di riqualificazione circolare e sostenibile è dunque necessario intervenire a livello trasversale su tre fronti: gli ambiti legislativo, relazionale e strumentale.

La normativa può svolgere un ruolo chiave per la regolamentazione dei prezzi delle materie prime e delle discariche, azione basilare per favorire l'uso di materia prima seconda. Inoltre può introdurre incentivi, economici o bonus volumetrici, per i progetti in cui si promuove l'impiego di prodotti riciclati e riciclabili e conseguentemente sostenere richieste più ambiziose nei GPP. È fondamentale inoltre definire, a livello italiano, un sistema per la tracciabilità dei rifiuti da costruzione e demolizione, anche attraverso l'introduzione di strumenti come il pre-demolition audit. Risulta poi indispensabile migliorare la tracciabilità dei componenti dell'edificio al fine di mappare la sua "storia" e il suo utilizzo, e quindi promuoverne il riuso; occorre redigere specifiche certificazioni sulla qualità dei materiali da riuso e identificare spazi di stoccaggio degli stessi.

Promuovere la cooperazione di tutti gli operatori dell'intera "value-chain" del processo edilizio può evitare la formazione di rifiuti durante il processo di riqualificazione, ad esempio l'interazione tra progettista e cliente finale porta ad un'edilizia "customizzata" che necessita di minori variazioni spaziali successive alla realizzazione dell'edificio, e tra progettista e produttore che permette una co-creazione di elementi disassemblabili e riusabili.

Per promuovere processi circolari sostenibili è fondamentale verificare l'effettiva sostenibilità ambientale ed economica delle strategie circolari. Bisogna quindi promuovere l'utilizzo di strumenti *Life Cycle* come LCA e LCC durante il processo decisionale, in particolare in fase di "prevenzione" della formazione del rifiuto, ovvero a monte durante il processo di progettazione, e in fase di "gestione" del rifiuto, ovvero a valle durante il processo di fine-vita dell'edificio. Conseguentemente è importante sviluppare strumenti di supporto facilmente utilizzabili dagli operatori, o introdurre figure professionali di sostegno preparate all'uso di strumenti più complessi.

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- EU Construction and Demolition Waste Management Protocol (2016) Disponibile su:
https://ec.europa.eu/growth/content/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-0_en
- European Commission (2012) COM 433 Strategy for the sustainable competitiveness of the construction sector and its enterprises. Bruxelles.
- European Commission (2014) COM 398 Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe. Bruxelles.
- European Commission (2015) COM 614 Closing the loop. An EU action plan for the Circular Economy. Brussels.
- Eurostat (2016) Key figures on Europe. Belgium, 161–164.
- Fishman T., Schandl H. e Tanikawa H. (2016) Stochastic analysis and forecasts of the patterns of speed, acceleration, and levels of material stock accumulation in society. *Environmental Science & Technology* (50): 3729–37.
- Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N. e Hultink E.J. (2017) The circular economy – a new sustainability paradigm?. *Journal of Cleaner Production* (143): 757–768.
- Giorgi S., Lavagna M., Campioli A. (2017) Economia circolare, gestione dei rifiuti e life cycle thinking. Fondamenti, interpretazioni e analisi dello stato dell'arte. *Ingegneria dell'ambiente* (4): 245–254.
- Giorgi S., Lavagna M., Campioli A. (2018) Guidelines for effective and sustainable recycling of construction and demolition waste, in E. Benetto, K. Gericke, M. Guiton (Eds.), *Designing Sustainable Technologies, Products and Policies – from Science to Innovation*, Springer.
- Green Building Council Italia (2019) Position paper. Economia circolare in edilizia. Disponibile su:
<http://gbcitalia.org/documents/20182/565254/20181015+GBC+GdL+EC+position+paper.pdf>
- Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings (2018) Disponibile su:
https://ec.europa.eu/growth/content/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-0_en
- ISPRA (2018) Rapporto Rifiuti Speciali.
- Jin R., Gao S., Cheshmehzangi A. and Aboagye-Nimo E. (2018) A holistic review of off-site construction literature published between 2008 and 2018, *Journal of Cleaner Production* 202: 1202–1219
- Lavagna M, Baldassarri C, Campioli A et al. (2018) Benchmarks for environmental impact of housing in Europe: Definition of archetypes and LCA of the residential building stock. *Building and Environment* (145):260-275.
- Lavagna M., Giorgi S. e Dalla Valle A. (2016) Abitare in Europa. Analisi dei dati statistici, definizione di modelli rappresentativi e valutazione ambientale LCA del patrimonio residenziale europeo. Santarcangelo di Romagna: Maggioli.
- Mc-Graw Hill Construction (2008) *Construction Outlook 2008*.
- Rebuild, CBRE, GBCI Europe (2018) *Green Building: valori e tendenze*. Disponibile su:
www.rebuilditalia.it/it/MS/green-building-valori-e-tendenze.
- Resource Efficient Use of Mixed Wastes (2015) Screening template for Construction and Demolition Waste management in Italy.
- UNEP (2016) *Global material flows and resource productivity*.
- WRAP (2009) Case study: Off Site Manufacture Somerset Homes. Disponibile su:
www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/APS%20-%20FINAL.pdf

7. RIFERIMENTI NORMATIVI

- Legge 549/1995. Misure di razionalizzazione della finanza pubblica. (Gazzetta Ufficiale Serie Generale n.302 del 29-12-1995 – Suppl. Ordinario n. 153).
- Decreto Legislativo 152/2006. Norme in materia ambientale. (Gazzetta Ufficiale Serie Generale n.88 del 14-04-2006 – Suppl. Ordinario n. 96).
- Direttiva 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti. *Gazzetta Ufficiale delle Comunità europee* L.194/47 del 15 luglio 1975.
- Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive. *Gazzetta ufficiale dell'Unione europea* L 312/3 del del 19 novembre 2008.
- Decreto Legislativo 205/2010 Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive. *Gazzetta Ufficiale Serie Generale* n.288 del 10-12-2010 – Suppl. Ordinario n. 269.
- Decreto Legislativo 50/2016 Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture. *Gazzetta Ufficiale Serie Generale* n.91 del 19-04-2016 – Suppl. Ordinario n. 10.
- Decreto Del Presidente Della Repubblica 380/2001. Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia. Testo A) *Gazzetta Ufficiale Serie Generale* n.266 del 15-11-2001 – Suppl. Ordinario n. 246.



STANDING IN PERFORMANCE

Attuatori elettrici per il settore idrico

Affidabili, potenti, efficienti. AUMA offre una vasta gamma di attuatori e riduttori per tutte le esigenze.

- Automazione per tutti i tipi di valvole industriali
- Integrazione con i principali sistemi di controllo
- Elevata protezione dalla corrosione
- Assistenza e training su tutto il territorio nazionale



www.auma.it

auma[®]
Solutions for a world in motion

Intervista a Nicola Spreafico, Responsabile Divisione Oil&Gas di AUMA Italiana

Come partecipa AUMA Italiana alla stesura delle normative?

AUMA, leader di mercato nella produzione di attuatori elettrici e riduttori per valvole industriali, sostiene la collaborazione dei propri esperti ai lavori dei comitati tecnici degli enti di normazione - a livello nazionale UNI, DIN in Germania, a livello Europeo al CEN ed internazionale all'ISO. Per esempio, in questi anni siamo stati presenti ai gruppi di lavoro della ISO 5210 e della ISO 5211, normative che standardizzano l'accoppiamento tra gli attuatori e le valvole quarto di giro e multigiro. Oggi il mondo delle valvole deve fronteggiare necessità di impianto che portano verso pressioni e dimensioni sempre maggiori e le due normative non coprivano del tutto le esigenze del nuovo mercato che andava delineandosi; quindi l'obiettivo del gruppo di lavoro è stato quello di ampliare il range delle flange coperte da queste normative, correggerne gli errori e colmare le lacune esistenti. C'è stato molto lavoro relativamente alle due normative ISO, che rappresentano per AUMA due standard fondamentali per la sua attività, definendo quale sia l'interfaccia da utilizzare tra attuatore e valvola.

Qual è l'importanza di una normazione nel mondo delle valvole?

A livello ISO, la conoscenza del prodotto da parte del costruttore e le funzionalità del prodotto per l'utilizzatore finale, sono due fattori rilevanti da tenere in considerazione quando si partecipa alla stesura di una norma. La cooperazione, e soprattutto la capacità di connettere le varie parti della filiera - partendo dal produttore fino all'*end user* passando per le società di ingegneria- sono i driver che devono guidare l'attività dei componenti dei tavoli tecnici. In questo modo la norma diventa la base fondamentale per i tre player della filiera:



Figura 1
Nicola Spreafico; Responsabile Divisione Oil&Gas di AUMA Italiana

- per l'utilizzatore finale per redarre le specifiche in modo consapevole e dettagliato, facendo riferimento o citando puntualmente la norma;
- per la società di ingegneria per leggere più agevolmente le richieste del suo cliente (utilizzatore finale) e inoltrare tali richieste tecniche al produttore;
- per il produttore per capire chiaramente le necessità e rispondere alle aspettative, in termini produttivi, della società e quindi dell'utilizzatore finale.

Una norma, quindi, considerando ogni singolo passaggio del processo, semplifica il lavoro di chi si occupa, come AUMA Italiana, di produrre componentistica: far riferimento ad uno standard condiviso, o utilizzarlo direttamente in una specifica permette la condivisione di un dizionario comune che può essere compreso a più livelli, dal nazionale all'internazionale, velocizzando così lo sviluppo dei progetti e risolvendone più facilmente dubbi di natura tecnica.

Quali sono le norme che sono state maggiormente oggetto dei gruppi di lavoro?

Ad oggi, dopo la revisione delle ISO 5210 e ISO 5211 inerenti alle flange di connessione tra valvola

ed attuatore, il gruppo di lavoro ISO, appartenente al comitato tecnico TC153, si è focalizzato sulle lacune normative a livello internazionale poiché sia i riduttori per valvole industriali che gli attuatori elettrici non sono coperti da alcuna normativa internazionale.

Per entrambi gli argomenti sono state finalizzate delle proposte di norma:

- ISO/DIS 22153 attuatori elettrici per valvole industriali;
- ISO/DIS 22109 riduttori per valvole industriali.

Per entrambe le proposte, il gruppo di lavoro italiano ha avuto un ruolo fondamentale in quanto la proposta ISO/DIS 22153 deriva dalla normativa europea EN 15714-2 per cui UNI ha collaborato assiduamente, mentre la proposta ISO/DIS 22109 deriva dal lavoro svolto dapprima in UNI e poi a livello CEN che ho avuto il piacere di condurre in prima persona.

In particolare la proposta di attuatori elettrici deriva dalla norma EN15714-2 e lo scopo è di *“definire i requisiti di base per gli attuatori elettrici usati su valvole industriali e per applicazioni on-off e di controllo. Definire le linee guide per la classificazione, il design e le protezioni alla corrosione e i metodi di conformità e di controllo nel processo produttivo”*. La ISO/DIS 22109 invece, definisce i requisiti di base per riduttori per valvole industriali suddividendoli in:

- riduttori per uso manuale;
- riduttori automatizzati tramite attuatore.

Anche per quanto riguarda le valvole gli enti normativi sono molto attivi e ci sono numerosi gruppi di lavoro sul tema: ad esempio, è stato creato un gruppo specifico per predisporre una normativa rivolta a chiarire gli aspetti della sicurezza funzionale per valvole ed attuatori utilizzati per funzioni di sicurezza.

Quali sono stati i cambiamenti che hanno fatto emergere l'urgenza di una norma internazionale?

Se parliamo dei settori in cui AUMA Italiana opera principalmente ossia quello dell'acqua, dell'energia e dell'oil&gas, è sicuramente quest'ultimo che ha fatto emergere la necessità di lavorare insieme per creare una norma internazionale. Questo settore, da sempre caratterizzato da grandi progetti con fasi di sviluppo e tempi di consegna molto lunghi e articolati, richiede oggi maggiore flessibilità e dinamicità, vista la crescente complessità degli impianti con tempi di realizzazione sempre più brevi. La normativa rappresenta la garanzia per trovare un compromesso tecnico che soddisfi tutti i requisiti

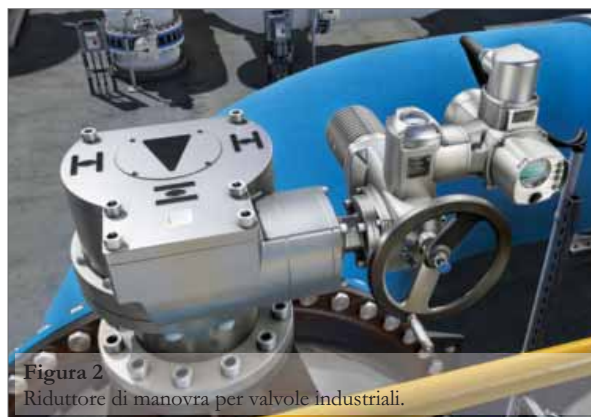


Figura 2
Riduttore di manovra per valvole industriali.

di progetto che l'*end user* ha sia in termini di prodotto, che in termini di qualità. Oggi capita spesso, se si parla di impianti oil&gas, di avere un progetto internazionale il cui *end user* si trova in Medio Oriente, per esempio, e la società di ingegneria in Europa, in Estremo Oriente o in America. In questo caso è evidente come avere un dizionario comune che “uniformi gli scenari” e non lasci spazio a differenti interpretazione delle specifiche, consenta di semplificare le procedure e di prendere decisioni in tempi più rapidi, aumentando l'efficacia del processo.

Aspettando che il vuoto normativo venga colmato cosa è possibile fare?

AUMA partecipando ai tavoli tecnici accetta la sfida di creare uno standard. Al contempo, negli ultimi anni, abbiamo tenuto corsi tecnici presso le più importanti società di ingegneria al livello globale ed i maggiori costruttori di valvole industriali al fine di condividere, considerando le richieste del mercato, il livello tecnologico e qualitativo raggiunto nella produzione di attuatori e riduttori per valvole industriali. Quindi, in un periodo in cui tutte le società di ingegneria mirano a ridurre i tempi di consegna dei grossi progetti internazionali, il rilascio e l'adozione di norme che definiscano lo stato dell'arte nel nostro settore garantirebbe uno strumento comune e condiviso utile ad abbreviare i tempi necessari per la stesura di capitolati tecnici e allineamenti d'offerta. Ne deriverebbe sicuramente un aumento di efficienza e di efficacia per l'intera filiera, ed è questo il motivo per cui è fondamentale che produttori, clienti finali e società di ingegneria siedano allo stesso tavolo all'interno dei comitati tecnici dei vari enti normativi.

Per informazioni: **AUMA Italiana S.r.l.** a socio unico.
Via delle Arnasche, 6 – 20023 Cerro Maggiore (MI).
Tel. 0331.51351 – E-mail: info@auma.it
LinkedIn: www.linkedin.com/company/consorzio-pascal

ONLINE REGISTRATION



18-20.09.2019

F E R R A R A F I E R E

REMTECH EXPO

*International Networking,
Exhibition, Conferences and Training*



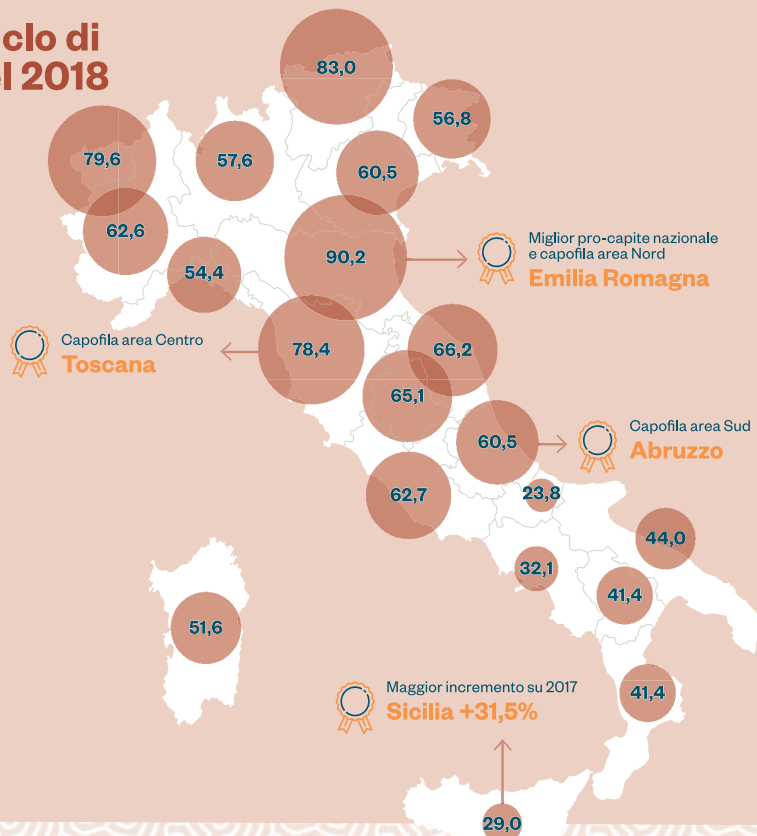
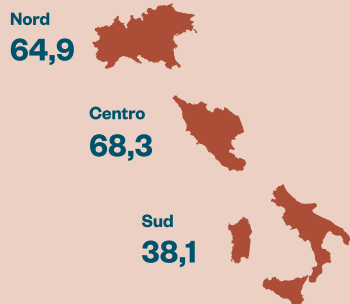
www.remtechexpo.com - info@remtechexpo.com

Raccolta differenziata e riciclo di carta e cartone: i numeri del 2018

Raccolta differenziata comunale

Media pro-capite nazionale (kg/ab-anno)

Italia
56,3



Focus città metropolitane

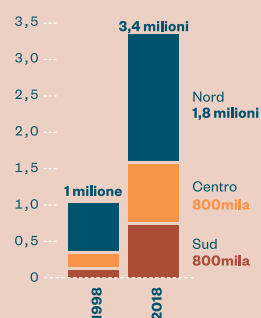
Torino, Milano, Firenze, Roma, Bari e Napoli rappresentano nell'insieme poco meno del 11% degli abitanti e quasi il 13% dei rifiuti urbani prodotti in Italia.

nel 2018



Trend storico

Nel loro insieme il tasso medio di raccolta differenziata complessiva è passato dal 18% del 2004 al 46,6% del 2018.



Δ2017/2018 +127 mila t
Δ2017/2018 +3,9%
Δ1998/2018 +239%

52 milioni t
di carta e cartone sottratti alle discariche dal 1998

600 mila t
di carta ancora interoettabili nella RD

Le convenzioni con Comieco

1,44mln di t Raccolta gestita
42,5% della raccolta nazionale
73,5% al Sud

97,5 milioni di euro
corrispettivi erogati ai Comuni

67,5% dei Comuni
81,2% degli abitanti

La rete del riciclo

Piattaforme in convenzione

| Nord | Centro | Sud |
|-------------------|--------|-----|
| 127 | 71 | 150 |
| Italia 348 | | |

Cartiere

| Nord | Centro | Sud |
|------------------|--------|-----|
| 32 | 17 | 6 |
| Italia 55 | | |

4,9milioni di t
Imballaggi cellullosici immessi al consumo

81,1%
Tasso di riciclo

88,8%
Tasso di recupero

ovvero 4 imballaggi cellullosici su 5 vengono riciclati

Falsi miti da sfatare

Il 60% degli italiani* pensa che per produrre la carta le foreste vengono distrutte. Il suo consumo dovrebbe quindi essere ridotto.

La maggior parte del legno che viene utilizzato per produrre carta proviene da foreste gestite in modo sostenibile. In Europa per ogni albero tagliato, ne vengono piantati altri 3.

Oggi l'aumento annuo delle foreste europee equivale a 6.450 km², pari all'aerea di 4.363 campi da calcio.

La carta ha un forte impatto ambientale in termini di emissioni CO₂.

La carta è un prodotto naturale, rinnovabile e riciclabile, e contribuisce al contenimento di emissioni di anidride carbonica. Leggere un quotidiano ogni giorno produce il 20% in meno di CO₂ rispetto alla lettura online per circa 30 minuti.

Una volta che i cittadini hanno separato correttamente carta e cartone dagli altri rifiuti, spesso viene buttato via tutto insieme e non viene riciclato.

Lo pensano 3 italiani su 5*. Falso! È un vero e proprio esempio di economia circolare: ne vengono riciclate **13 kt al giorno** **10 t al minuto**

* Fonte: ricerca Astra-Comieco

LA RACCOLTA DIFFERENZIATA DI CARTA E CARTONE IN ITALIA CONTINUA A CRESCERE: AL SUD IL 50% DEI NUOVI VOLUMI



Nel 2018 sono state raccolte quasi 3,4 milioni di tonnellate di carta e cartone, con un aumento complessivo del 4%, pari a + 127.000 tonnellate, rispetto al 2017, distribuito in tutte e 3 le macroaree con particolare evidenza al Sud e al Nord.

Dietro buoni risultati però non c'è solo l'impegno a differenziare, comunque fondamentale, ma anche un sistema di gestione efficace ed efficiente, capace di garantire a qualunque condizione il ritiro e l'avvio a riciclo degli imballaggi su tutto il territorio nazionale. È quanto emerge in sostanza dall'analisi dei dati del 24° Rapporto di Comieco, che ogni anno mette in evidenza i numeri principali della raccolta differenziata e riciclo di carta e cartone in Italia.

Il Rapporto ha fotografato la progressiva crescita del Sud, ormai consolidata negli ultimi anni. Dopo numerosi investimenti a sostegno dello sviluppo della raccolta nell'area meridionale del Paese, i risultati si vedono. La Sicilia, storicamente indietro rispetto alle altre Regioni, guida l'incremento complessivo mettendo a segno il miglior risultato percentuale (+31,5) rispetto al 2017. Se l'aumento delle quantità raccolte al Sud sembrerebbe non fare più notizia, non si può dire altrettanto per il Nord che dopo anni di sostanziale stabilità fa registrare un +2,9%, pari a +50mila tonnellate di carta e cartone raccolte. Il Centro mette a segno un incremento di per sé meno incisivo ma comunque importante (+1,4%), considerando anche le difficoltà legate alla "questione romana" e tenuto conto che Roma, in termini di popolazione e capacità, "pesa" quasi quanto un'intera regione.

A livello di procapite, l'Emilia Romagna è stata la regione più brillante con oltre 90 kg/ab di carta e cartone, seguita da Trentino Alto Adige (83 kg/ab) e Valle d'Aosta (79,6 kg/ab). Numeri complessivi importanti che si inseriscono in un contesto in continua evoluzione, soprattutto sotto il profilo della gestione dei servizi. La maggior parte dei convenzionati del Nord fino allo scorso anno affidavano al circuito consortile solo quota parte della raccolta, gestendo sul mercato (con condizioni economiche più vantaggiose) le restanti quantità. Non sempre però la libera concorrenza si sposa con la tutela ambientale. Nel 2018, il perdurare dei prezzi bassi della carta da riciclare ha portato molti Comuni a chiedere di rientrare nel circuito convenzionale di Comieco per garantirsi nel 2019 il ritiro di tutta la raccolta effettuata dai cittadini. Se per tutto il 2018 su 3,4 milioni di tonnellate di carta e cartone raccolte il 42,5% è stato in gestione a Comieco, nel 2019 la quota in convenzione potrebbe arrivare al 60% proprio in virtù delle nuove quantità. Un passaggio importante che conferma la centralità del ruolo sussidiario del sistema consortile, in grado di assicurare ai Comuni il ritiro delle proprie raccolte e il conseguente avvio a riciclo. Dai dati contenuti nel Rapporto emerge anche come la crescita delle quantità da sola non basti però a spiegare un efficiente sistema di riciclo. Per il corretto avvio al riciclo dei materiali a base cellulosica infatti è essenziale il rispetto di elevati standard di qualità.

"I positivi dati del Rapporto Comieco sono frutto dell'impegno, sempre crescente, dei cittadini che da Nord a Sud differen-

ziano carta e cartone con grande responsabilità" – commenta Sergio

Costa, Ministro dell'Ambiente. "Apprezzo

in particolare lo sviluppo della raccolta al Sud che dimostra come anche al Meridione ci sia una crescente sensibilità verso la tutela ambientale. Ringrazio Comieco per l'importante lavoro che svolge. Sono convinto che nel 2019 le quantità di carta e cartone aumenteranno ulteriormente e mi aspetto un miglioramento anche sotto il profilo della qualità dei materiali raccolti. Quantità e qualità devono viaggiare insieme. Come Ministro dell'economia circolare mi impegno in prima linea con Comieco e gli altri Consorzi per raggiungere anche questo risultato, tassello fondamentale per completare il ciclo virtuoso di un Paese che è maestro nelle tecnologie ambientali e nell'economia circolare".

"Le frazioni estranee alla raccolta di carta e cartone rappresentano un ambito di miglioramento cui tendere. La vera sfida da affrontare – spiega Amelio Cecchini, Presidente Comieco. Sebbene, infatti, dai dati del Rapporto emerge un quadro in miglioramento rispetto al 2017 sia della qualità della raccolta del circuito delle famiglie, dove la media di frazioni estranee riscontrata è del 3,3%, che del commerciale, scesa allo 0,7%, ancora molto si può e si deve fare. Una raccolta di qualità è infatti garanzia di riciclo efficiente, con meno scarti e minori costi di gestione. La qualità è sempre più elemento strategico per garantire il buon fine del processo di riciclo: già nel 2018 il tasso di riciclo degli imballaggi si attesta sull'81%, superando già gli obiettivi fissati dall'Unione Europea per il 2025 (75% riciclo) e ad un passo quelli stabiliti per il 2030, che prevede il raggiungimento dell'85% del tasso di riciclo".

Ma non solo.

"Il binomio quantità-qualità legato alla raccolta differenziata di carta e cartone si traduce anche in importanti vantaggi economici per i Comuni – aggiunge Carlo Montalbetti, direttore Comieco. Nel 2018 Comieco ha erogato più di 97 milioni di euro a oltre 5.500 Comuni in convenzione, a fronte delle tonnellate di carta e cartone raccolte. Nel 2019, l'impegno economico del Consorzio a sostegno delle Amministrazioni comunali è destinato a salire. Con il rientro in convenzione di oltre 600.000 tonnellate, infatti, Comieco investirà ulteriori risorse, assicurando il corretto avvio a riciclo".

In oltre 20 anni di operatività del sistema consortile attraverso le convenzioni sono stati trasferiti ai Comuni, per le quantità di carta e cartone raccolte in maniera differenziata, oltre 1,6 miliardi di euro. Risorse vitali che hanno consentito, nello stesso arco temporale, di triplicare i volumi.





CIRCOLECONOMY

LA CORRETTA GESTIONE DELL'OLIO LUBRIFICANTE USATO IN AZIENDA

**L'OLIO LUBRIFICANTE USATO,
GESTITO IN MODO CORRETTO,
PUÒ ESSERE RACCOLTO E AVVIATO
A RIGENERAZIONE,
REALIZZANDO UN SISTEMA PERFETTO
DI ECONOMIA CIRCOLARE.**

La gran parte proviene dal settore industriale e per rendere l'intera filiera sempre più efficiente, il **CONOU, Consorzio Nazionale per la Gestione, Raccolta e Trattamento degli Oli Minerali Usati**, ha avviato una campagna itinerante per informare le imprese sulle procedure di detenzione e stoccaggio di questo rifiuto pericoloso.

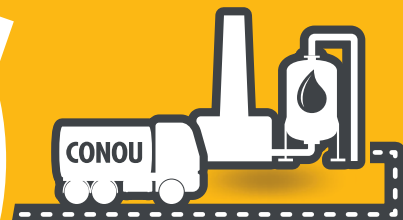


Nel 2018 raccolte
187.000 t.
di olio minerale usato

Avviate
a rigenerazione
186.000 t.
di olio minerale usato



Risparmio di
56 milioni€
sulle importazioni di petrolio



CONOU



CONSORZIO NAZIONALE
PER LA GESTIONE, RACCOLTA
E TRATTAMENTO DEGLI OLI
MINERALI USATI

Numero verde 800-863048
WWW.CONOU.IT



Il successo dell'economia circolare è strettamente legato al grado di cooperazione che si instaura tra i diversi attori che operano in ogni singola filiera, dalla produzione di nuovi beni, alla raccolta, fino al riciclo e recupero finale delle singole materie o beni di consumo. Sul piano pratico esistono numerosi casi positivi realizzati grazie a fattori fondamentali come competenza, conoscenza approfondita del settore nel quale si opera e coscienza del contributo offerto ad uno sviluppo sostenibile e economicamente vantaggioso.

È questo il caso del CONOU, il Consorzio Nazionale per la Gestione, Raccolta e Trattamento degli Oli Minerali Usati, che rappresenta un unicum a livello nazionale e continentale in termini di risultati raggiunti e di efficienza di filiera. Nel corso degli oltre 35 anni di attività il Consorzio è divenuto un vero e proprio modello di efficienza, avendo puntato, oltre che sul rigoroso perseguimento della propria mission ambientale, anche sulla costante sensibilizzazione e coinvolgimento di tutti gli stakeholder, giungendo a includere nella compagine Consortile vera e propria tutti gli operatori

della filiera, dai produttori di lubrificanti, alle aziende di raccolta, dalle aziende di rigenerazione degli oli usati ai venditori di oli ai consumatori, creando loro spazio all'interno dei propri organi di governance.

La relazione di collaborazione con gli stakeholder ha subito una recente accelerazione, estendendosi, seppure solo in termini di comunicazione, ai detentori industriali di oli minerali usati, ovvero la vasta schiera di grandi e medie imprese che, per le caratteristiche delle loro lavorazioni, usano e sono quindi tenute a raccogliere gli oli esausti, mantenendoli nel loro stoccaggio temporaneo fino a quando non li consegnano al raccoglitore del CONOU.

A questo scopo ha preso il via al termine dello scorso anno, e prosegue a ritmo di almeno un appuntamento mensile, il road show dal titolo CircOILeconomy, iniziativa organizzata dal Consorzio sulla base di un protocollo sottoscritto con Confindustria e che prevede incontri diretti di aggiornamento tecnico e normativo con imprenditori e responsabili ambientali di differenti distretti indu-



Figura 1
CircOILeconomy: Workshop



Figura 2
 Sigla del protocollo CircOILeconomy con Tomasi (Presidente CONOU) e Gemme (Presidente di Confindustria)

striali del paese. Una iniziativa che ha visto il CONOU già impegnato, ad oggi, nelle “piazze” di Rimini, Mestre (VE), Ancona, Brescia, Cuneo e Bari. *“Da oltre 35 anni il CONOU mette in pratica quelle che oggi vengono definite come le buone pratiche dell’economia circolare”* – specifica Riccardo Piunti, vicepresidente del CONOU e responsabile per il progetto CircOILeconomy. *“Con il 2018 si può dire che il Circolo sia oramai stato completato, con una raccolta del 99% del raccoglibile e una rigenerazione del 99% del raccolto. Un bagaglio di esperienze e competenza che il Consorzio intende metter a fattor comune, ingaggiando sempre di più una categoria di interlocutori, i detentori industriali, così da rinsaldare il principio secondo cui una corretta gestione di questo rifiuto pericoloso può determinare un vantaggio sia per la salvaguardia ambientale che per il conto energetico che il nostro Paese deve pagare annualmente”*. Evitare la miscelazione impropria con altri rifiuti liquidi pericolosi deve essere obiettivo di

tutti, sia per garantire il rispetto delle norme e leggi in materia che per rendere possibile la rigenerazione degli oli producendo nuove basi lubrificanti; un olio usato gestito con accortezza durante le fasi di stoccaggio temporaneo presso l’industria, potrà consentire un processo di ri-raffinazione efficiente e garantire una qualità della base rigenerata adeguata agli standard, sempre migliorati, richiesti per produrre oli lubrificanti nuovi.

Va detto che il CONOU, prima di conferire l’olio usato ai rigeneratori, assolve al compito di controllo e verifica esaminando ogni singola partita conferita con un set standard di ben 10 analisi (per circa 8000 carichi/anno); tali analisi sono destinate a assicurare che l’olio raccolto non sia contaminato da inquinanti che lo rendano inidoneo al processo, delicato e complesso, di rigenerazione.

Fra gli altri, due sono i parametri critici che vengono controllati:

- il contenuto di metalli e silicio (che impattano in modo significativo sulle fasi catalitiche del processo);
- il contenuto di diluenti (solventi leggeri) che segnalano il rischio di improprie miscelazioni avvenute in precedenza con sostanze vischiose o pesanti che abbiano richiesto di essere fluidificate per essere miscelate.

La cura e l’attenzione nella gestione dello stoccaggio temporaneo è una delle chiavi di successo per consentire, appunto, che tutto l’olio raccolto sia idoneo ad affrontare le fasi della rigenerazione in un contesto di gestione in compliance con le normative.

www.conou.it – Facebook: @conouroma
 Youtube: CONOU – Consorzio Oli Usati
 ☎ Verde: 800 863 048

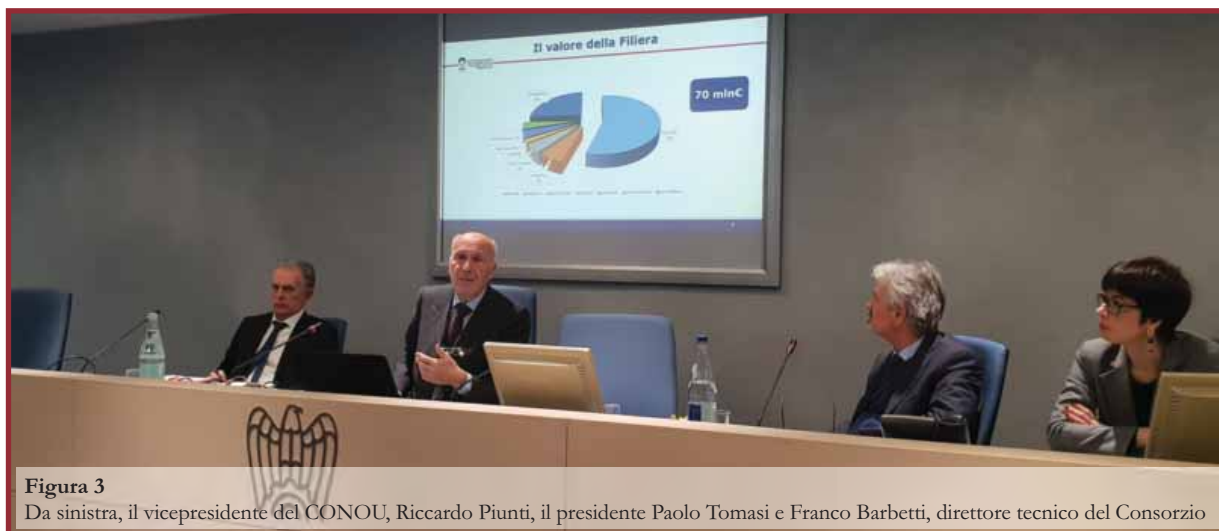


Figura 3
 Da sinistra, il vicepresidente del CONOU, Riccardo Piunti, il presidente Paolo Tomasi e Franco Barbetti, direttore tecnico del Consorzio

ECOMONDO

THE GREEN TECHNOLOGY EXPO



PROGETTIAMO UN MONDO MIGLIORE.

Dai nuovi modelli di sviluppo dell'economia circolare alle soluzioni tecnologiche per la gestione e la protezione delle risorse: una piattaforma internazionale per favorire la crescita di un ecosistema imprenditoriale innovativo e creare un futuro più sostenibile.

5 - 8 NOVEMBRE 2019 QUARTIERE FIERISTICO DI RIMINI

Organizzato da

**ITALIAN
EXHIBITION
GROUP**
Providing the future

In contemporanea con

KEY ENERGY
THE RENEWABLE ENERGY EXPO

ecomondo.com





Reinventiamo il modo di immaginare le cose

Dal 1984 progettiamo e realizziamo Evaporatori Concentratori sottovuoto. Lo facciamo senza scendere a compromessi quanto a qualità e standard costruttivi.

Da oggi mettiamo a disposizione la rivoluzionaria tecnologia della Realtà Aumentata per visualizzare i layout degli impianti attraverso smartphone e tablet.

Scaricate l'APP gratuita per iOS e Android dagli store ufficiali e entrate nel futuro della progettazione



GET IT ON
Google Play

Available on the iPhone
App Store

Evaporatori Concentratori
Sottovuoto dal 1984

eco-techno.it

eco
TECHNO
Vacuum Evaporation Systems

LA PIÙ GRANDE INVENZIONE DOPO LA RUOTA.



Asfalti modificati con gomma riciclata: la risposta italiana all'inquinamento acustico.

L'inquinamento acustico è un grave fattore di disturbo, responsabile in Europa di oltre 10.000 decessi prematuri ogni anno¹. La Commissione Europea ha già avviato una procedura di infrazione per inadempienze contro il nostro Paese, che ora rischia il deferimento alla Corte di giustizia dell'Unione. Per le strade però la soluzione esiste già, anche se purtroppo ancora non sfruttata a pieno: sono gli asfalti "silenziosi" modificati con gomma riciclata da Pneumatici Fuori Uso. Un materiale dalle eccezionali performance che consente di dimezzare il rumore generato dal passaggio dei veicoli. Non solo: minore formazione di fessure e buche, ottima aderenza degli pneumatici ed eccezionale durata della pavimentazione sono gli altri vantaggi riscontrabili su 450 km di strade già realizzate ad oggi, in Italia, con una tecnologia che consentirebbe a Pubblica Amministrazione ed Enti gestori di investire al meglio le risorse per le infrastrutture stradali, riducendo i disagi per gli utenti ed utilizzando un materiale 100% made in Italy. **Il problema è sotto i vostri occhi, la soluzione può essere sotto le vostre ruote.**

www.ecopneus.it

¹Fonte: Organizzazione Mondiale della Sanità



ecopneus

sardinia_2019

17° SIMPOSIO INTERNAZIONALE SULLA GESTIONE
DEI RIFIUTI E SULLE DISCARICHE / 30.09 - 04.10 2019
Forte Village Resort / Santa Margherita di Pula, Cagliari

Dopo aver festeggiato nel 2017 i 30 anni di attività la prossima edizione dei Simposi Sardinia del 2019 si presenta in forma smagliante forte di un successo che si rinnova di anno in anno e che fa del Sardinia il più importante convegno al mondo in materia di gestione dei rifiuti solidi. Il segreto di questo successo? Presto detto:

Sempre più giovani scienziati partecipano a questo evento riconoscendolo come importante luogo di socializzazione scientifica e di scambio di esperienze / La partecipazione è largamente internazionale con oltre 70 paesi diversi rappresentativa di tutti i continenti / Partecipazione costante di affermati scienziati / Alto livello scientifico sostenuto da innovazione e creatività / Un luogo, un ambiente, una natura, una struttura alberghiera, un programma extra lavori che rendono piacevole ed unico al mondo la socializzazione e l'opportunità di collaborazioni professionali e scientifiche.

Organizzato da IWWG - International Waste Working Group con il supporto scientifico di: Università di Padova / Tongji University (CN) / Technical University of Denmark (DK) / Fukuoka University (JP) / Hamburg University of Technology (DE)

REGISTRATI ORA E RISPARMIA: compila il form su www.sardiniasymposium.it



ORGANIZZATO DA:

IWWG - International Waste Working Group
Supporto Scientifico:
Università di Padova (IT)
Tongji University (CN)
Technical University of Denmark (DK)
Fukuoka University (JP)
Hamburg University of Technology (DE)



PROGRAMMA

Sessioni orali / oltre 500 presentazioni / Workshops / 8 sessioni parallele / Corsi di aggiornamento / Sessioni poster / Esposizione commerciale / Eventi paralleli / Laboratorio di progettazione / Eventi serali
Programma dettagliato su: www.sardiniasymposium.it

AZIENDE

Networking / Opportunità di B2B / Programma Start Up / Meeting / Programma Sponsor / Sessioni speciali per Aziende / Ricerca e sviluppo / Opportunità pubblicitarie

Prenota il tuo stand sul sito: www.sardiniasymposium.it/esposizione-commerciale



REGISTRAZIONE

La quota di iscrizione include: partecipazione a tutte le sessioni, atti e materiale congressuale, coffee break, eventi sociali e cena di gala. Sconti per gruppi. **Quota ridotta per iscrizioni ricevute entro il 31/08/2019.** Compila il form: www.sardiniasymposium.it/it/registration-form

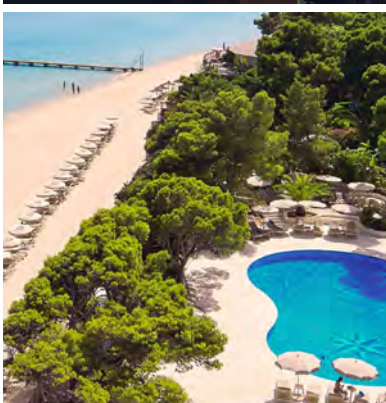


EVENTI SERALI

Cocktail di apertura / White party sulla spiaggia / Cena sarda e balli / Torneo di calcio e giochi olimpici / Sera a musica dal vivo / Cena di Gala e premiazioni / Attività serali organizzate dalla Grecia Special Guest Country: esibizione Sirtaki e molto altro

FORTE VILLAGE

Un' indimenticabile vacanza di lavoro nel resort di lusso più bello del mondo: eleganti hotel / suite fronte mare / bungalow / 21 ristoranti / 10 piscine / campi sportivi e area fitness / centro termale e molto altro!
Prenota ora e risparmia. Agenzia: landfill@fatravel.it



CONTATTI

Per ulteriori informazioni sulla registrazione, invio lavori, esposizione commerciale o altro contattare:
Eurowaste Srl / Via Beato Pellegrino 23 / 35137 Padova
tel +39 049 8726986
info@sardiniasymposium.it
www.sardiniasymposium.it

STRUTTURA DEL SIMPOSIO / SESSIONI ORALI, WORKSHOP E EVENTI PARALLELI

La diciassettesima edizione del Simposio Sardinia durerà cinque giorni e includerà circa 500 presentazioni. Il programma dettagliato aggiornato è disponibile all'indirizzo: <https://www.sardiniasymposium.it/it/programma-giornaliero>

| Lunedì 30 mattina | | SESSIONE DI APERTURA | | | | | | |
|--------------------------------|--|--|---|---|---|---|---|--|
| Lunedì 30 Settembre pomeriggio | A1 / Policies and strategies in WM | B1 / Landfill siting approaches | C1 / Decision support tools for biowaste management | D1 / Strategies in waste thermal treatment | E1 / Circular economy in DC's | F1 / Workshop: Gender perspectives in waste management | G1 / Workshop: Strategies for landfill mining | H1 / IWWG Training Course: Monitoring of landfill gas emissions |
| | A2 / Waste generation | B2 / Landfill planning and design | C2 / Strategies for bioenergy recovery from waste | D2 / Thermal treatment according to waste quality | E2 / Waste management sustainability in DC's | F2 / IWWG Young Forum | G2 / Workshop: Recycling of photovoltaic panels | H1 / IWWG Training Course: Leachate treatment |
| Martedì 1 Ottobre mattina | A3 / Waste Characterization I | B3 / Landfill characterization and monitoring | C3 / Companies forum | D3 / Pyrolysis and gasification of biomass | E3 / Waste management in DC's - Case Studies | F3 / Sewage sludge | G3 / Workshop: Research on blue technologies in leachate treatment | H3 / Waste Architecture - New visions and perspectives |
| | A4 / Waste characterization II | B4 / Landfill processes | C4 / Anaerobic digestion - Lab scale tests for process enhancement | D4 / Sustainable management of secondary raw materials | E4 / Industrial waste - Strategies and treatment | F4 / Sewage sludge as a resource | G4 / Workshop: Publishing a peer-reviewed journal article on WM | H4 / Waste Architecture - Functional requalification of old landfills |
| Martedì 1 Ottobre pomeriggio | A5 / Separate collection | B5 / Landfill gas generation and modelling | C5 / Anaerobic digestion processes | D5 / Biochar from different residues | E5 / Industrial waste - Recovery options | F5 / Workshop: Landfill Mining - Myth and reality I | G5 / Workshop: Post-gestione delle discariche I | H5 / Waste Architecture - IWRECKS |
| | A6 / Segregation and collection | B6 / Landfill gas emission monitoring | C6 / Anaerobic digestion of different substrates | D6 / Flue gas treatment | E6 / Workshop: Industrial waste management and circular economy | F6 / Workshop: Landfill Mining - Myth and reality II | G6 / Workshop: Post-gestione delle discariche II | H6 / Waste Architecture - WM in urban and peri-urban areas |
| Mercoledì 2 Ottobre mattina | A7 / Circular Economy | B7 / Methane oxidation in biofilters and biocovers | C7 / Co-digestion of different substrates | D7 / Characterization and treatment of bottom ash | E7 / Workshop: Contaminated sites | F7 / Workshop: Waste and climate change I | G7 / Aspetti legali nella gestione dei rifiuti | H7 / Waste Architecture DESIGN LAB |
| | A8 / Policies in plastics management | B8 / Emerging contaminants in landfill leachate | C8 / Quality assessment of biostabilized waste | D8 / Recycling of bottom ash | E8 / Waste management education | F8 / Workshop: Waste and climate change II | G8 / Sistemi integrati e decentralizzati per la gestione dei rifiuti | H8 / Waste Architecture DESIGN LAB |
| Mercoledì 2 Ottobre pomeriggio | A9 / Plastic waste - Recycling targets and contamination | B9 / Leachate from specific waste | C9 / Emissions from anaerobic digestion plants | D9 / Characterization and treatment of fly ash | E9 / Workshop: IWWG TG Clear Construction & operation of full-scale CH₄ ox. systems | F9 / Workshop: Semiaerobic landfilling in DC's | G9 / L'economia circolare nella gestione dei rifiuti | H9 / Waste Architecture DESIGN LAB |
| | A10 / Materials recovery | B10 / Leachate treatment | C10 / Composting | D10 / Workshop: Economics of waste | E10 / Workshop: Hydrothermal carbonization | F10 / Asbestos waste management and risks assessments | G10 / Workshop: Waste Management in Small Islands | H10 / Waste Architecture DESIGN LAB |
| Giovedì 3 Ottobre mattina | A11 / Automotive shredder residues | B11 / Landfill aeration | C11 / WEEE - Collection and recycling | D11 / Biofuels from waste | E11 / Workshop: Forensic Engineering | F11 / Workshop: Emerging pollutants in waste - Analysis and treatment | G11 / Workshop: Sustainable waste management at Universities I | H11 / Smart & Digital Waste Management I |
| | A12 / Food waste - Resources | B12 / Landfill mining | C12 / WEEE - Metal recovery | D12 / Plastics in marine ecosystems | E12 / Workshop: Environmental Crime Scene Analysis | F12 / Workshop: End of waste | G12 / Workshop: Sustainable waste management at Universities II | H12 / Smart & Digital Waste Management II |
| Giovedì 3 Ottobre pomeriggio | A13 / Food waste recycling I | B13 / Landfill remediation and aftercare | C13 / C&D waste - Potentials | D13 / Workshop: Plastics and environment | E13 / Workshop: Biorefineries | F13 / Workshop: Biological treatment for landfill leachate | G13 / CIRS Comitato Interdisciplinare Rifiuti e salute - Attività | H13 / Workshop: WEEE - Circular economy opportunities |
| | A14 / Food waste recycling II | B14 / Landfill mining: thermal treatment of combustible fractions | C14 / C&D waste - Properties | D14 / Plastic waste - New products | E14 / Workshop: Biological treatment of animal waste | F14 / Workshop: IWWG TG Landfill aeration - Optimal performances and fake aeration | G14 / CIRS La comunicazione nella gestione dei rifiuti | H14 / Workshop: Fires in waste management systems |
| Venerdì 4 Ottobre mattina | A15 / LCA in Waste Management | B15 / End of life textiles management | C15 / Workshop: Food waste prevention | D15 / Workshop: Social aspects in waste management | E15 / Workshop: Biological degradation of bioplastics | F15 / Workshop: The science of landfill completion | G15 / CIRS Metodologia e affidabilità dei dati igienico sanitari | H15 / Workshop: Medical waste management |
| | A16 / Environmental Impact of waste management facilities | B16 / End of life textiles. Recycling and environmental impact | C16 / Workshop: Food waste - Social aspects | D16 / Workshop: Waste and health | E16 / Workshop: Long term behaviour of landfill barriers | F16 / Workshop: Disaster waste | G16 / Workshop: la gestione dei rifiuti nei villaggi olimpici | H16 / Workshop: X-ray fluorescence for waste characterization |

ready for the resource revolution



With 90,000 employees across five continents,
SUEZ is a global leader in smart, sustainable resource management.

www.suez.com

Sistema di Pompaggio Concertor: l'intelligenza integrata con industria 4.0



Questo rivoluzionario sistema di pompaggio per acque reflue offre prestazioni ottimali riducendo il costo totale di gestione. Inoltre offre una flessibilità e semplicità senza precedenti e possiede tutti i requisiti per ottenere i benefici di legge legati all'industria 4.0.

Xylem, dove c'è acqua.

Xylem Water Solutions Italia s.r.l.

20020 Lainate (MI) Via G. Rossini, 1/A Tel. 02.90358.1
watersolutions.italia@xylem.com www.xylem.com/it-it

xylem
Let's Solve Water



Nel trattamento delle acque il massimo rispetto per l'ambiente

Da anni ci dedichiamo con passione
allo sviluppo ed alla messa a punto
di sistemi per la depurazione delle acque
senza inquinare l'aria.

Ozono per ridurre i microinquinanti,
ossigeno per eliminare gli aerosol per soluzioni
a scala reale e sperimentazioni a cura del nostro
laboratorio di biologia e chimica ambientale.

Gruppo SIAD.
Technical gases, Engineering,
Healthcare, LPG and Natural Gas.

thesiadgroup.com

The SIAD logo consists of a green graphic of horizontal lines of varying lengths on the left, followed by the letters "SIAD" in a bold, green, sans-serif font.

Sondiamo la sicurezza e la qualità dell'acqua

SONDA TENSIOATTIVI



SONDA COD OUT



Rilevazione automatica in continuo dei parametri:

- TENSIOATTIVI
- SOLIDI SOSPESI
- BOD
- COD
- TORBIDITÀ

dal 1979

 **CID**
Ing. VENTURA srl

CID ING VENTURA Srl

Via Denari 22 - 25127 BRESCIA Tel. 030 3730699 www.venturacid.it info@venturacid.it

INDEX



VOL. 6
NUM. 2
2019

EDITORIAL

20 years of soil remediation: problems and perspectives of evolution – *Renato Baciocchi*

The “life cycle thinking” approach to waste management: a model supporting the circular economy to guarantee sustainability – *Andrea Fedele, Lucia Rigamonti*

ARTICLES

Environmental sustainability of the enhancement of plastic material recovered from industrial landfill with landfill mining – *Grazia Maria Cappucci, Maurizio Avella, Roberto Avolio, Cosimo Carfagna, Maria Emanuela Errico, Paolo Neri, Martina Pini, Francesco Spina, Gianluigi Tealdo, Anna Maria Ferrari*

Life Cycle Thinking as a support tool for the circular bioeconomy: a case study in the cosmetics industry – *Francesca Rosa, Serena Errante, Federica Carlomagno, Giacomo Magatti*

Circular economy vs end of waste: when the lack of rules limits innovation – *Anna Mazzi, Chiara Zampiero*

TECHNICAL-SCIENTIFIC COMMUNICATIONS

The european legislation on circular economy and the role of member states – *Massimo Mari, Antonio Fardelli, Lia Millucci*

The life cycle thinking approach to assessing the circular economy: the circular economy italian atlas – *Silvia Pezzoli, Silvia Vaghi*

Circular and sustainable: towards materials flow optimisation of italian building renovation processes – *Serena Giorgi, Monica Lavagna, Andrea Campioli*

Foto di copertina di
Mario Grosso

ISSN e e-ISSN 2420-8256

Ingegneria dell’Ambiente per il 2019 è sostenuta da:



ecopneus
il futuro dei pneumatici fuori uso, oggi



CONOU



SOLVAIR®



UNICALCE
Innoviamo la tradizione



Veolia Water Technologies Italia S.p.A.



Solutions for a world in motion



Let's Solve Water