



ECODESIGN E RICICLO DI DPI IN UNA FILIERA INDUSTRIALE CIRCOLARE

PROGETTO EcoDPI cofinanziato dalla Regione del Veneto nell'ambito del POR FESR 2014-2020 Azione 1.1.4

REPORT DIVULGATIVO

L'obiettivo generale del progetto è la valorizzazione dei rifiuti provenienti dall'uso di dispositivi di protezione individuali (d'ora in poi DPI), anche sanitari. L'obiettivo viene perseguito studiando le fasi chiave di una potenziale filiera circolare per la produzione di tali dispositivi (acquisizione della materia prima e preprocessi, produzione, utilizzo, fine vita)

SOTTOPROGETTO – WP-RI-1

Materie prime e MPS di origine sintetica per materiali riciclabili

1. Descrizione degli obiettivi

Il work package è stato suddiviso in 3 sezioni, per le quali si identificano i seguenti obiettivi:

- Task 1, 'Mappatura dei prodotti in commercio', ha richiesto la selezione di dispositivi di protezione (DPI) rappresentativi delle differenti tipologie in commercio; a partire dai DPI raccolti è richiesta l'analisi e la definizione delle tipologie e loro composizioni. Successivamente la caratterizzazione delle prestazioni del prodotto (es. traspirabilità ed efficacia filtrante nel caso delle mascherine) risulta necessaria per stabilire le performance obiettivo dei DPI commerciali. L'ultimo obiettivo è invece relativo alla caratterizzazione in laboratorio dei materiali che compongono i prodotti dal punto di vista chimico-fisico (analisi FT-IR), termico (analisi DSC, TGA) e meccanico (es. prove a trazione, flessione, resistenza all'impatto).
- Task 2, 'Tecnologie di raccolta/smaltimento/riciclo', si è posto l'obiettivo di analizzare i sistemi di recupero/riciclo esistenti per i DPI e le criticità rilevabili negli attuali processi di trattamento dei rifiuti (es: separazione).
- Task 3 infine, relativo ai 'Materiali riciclabili', ha richiesto lo studio dei materiali riciclabili individuati, analisi dei processi di riciclo e loro possibile ottimizzazione, ed in un secondo momento la caratterizzazione dei prodotti ottenuti dai test di riciclo.



2. Modalità di attuazione della ricerca

Nel Task 1 è stata eseguita una ricerca bibliografica riguardante le varie categorie di DPI in commercio e le relative peculiarità. In seguito è stata proposta una selezione di DPI rappresentativi delle differenti categorie rilevate nella precedente fase precedente, i quali sono stati poi raccolti e caratterizzati a livello chimico e termico per l'individuazione univoca dei materiali all'interno di ogni DPI. Parallelamente all'analisi dettagliata dei materiali costituenti i DPI, è risultata fondamentale in primis la raccolta delle normative tecniche applicabili ai DPI in commercio, ed in secondo luogo lo studio della reologia dei materiali usati per la realizzazione del tessuto non tessuto (TNT) costituente molti DPI, quali mascherine, copricamici, cuffie, al fine di definire standard di riferimento di prestazioni e caratteristiche di processo per l'eventuale progettazione e produzione di nuovi DPI maggiormente sostenibili.

Nel Task 2 è stata dapprima eseguita una ricerca bibliografica riguardante la gestione attuale dei rifiuti provenienti da DPI e sulle attuali quantità di DPI smaltiti per ogni categoria di dispositivo. Sono state successivamente individuate le criticità correlate ai metodi usati oggi per smaltire i rifiuti generati dai dispositivi di protezione e sulle soluzioni di fine vita considerate singolarmente più sostenibili rispetto ai metodi attuali. È stata poi elaborata un'analisi SWOTH (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*) per il riciclo di DPI. A fronte di queste valutazioni sono stati predisposti 3 layout di processi di recupero dei DPI a fine vita, mediante studio e progettazione di un impianto di riciclo di dispositivi di protezione individuale (DPI), studio dei pretrattamenti e dei macchinari richiesti.

Nell'ultimo Task è stata condotta un'indagine su materiali polimerici da fonte fossile e non, riciclabili e possibilmente mimetici a livello di prestazioni e caratteristiche di processo per la produzione di DPI maggiormente sostenibili. Una volta valutati gli eventuali sostituti, sono state riportate le schede tecniche. Sui materiali riciclabili scelti sono stati poi eseguiti dei test di riciclo per valutare, tramite caratterizzazione del materiale riciclato, le proprietà chimico-fisiche, termiche, meccaniche di quest'ultimo.

Riciclo dei DPI: analisi SWOT

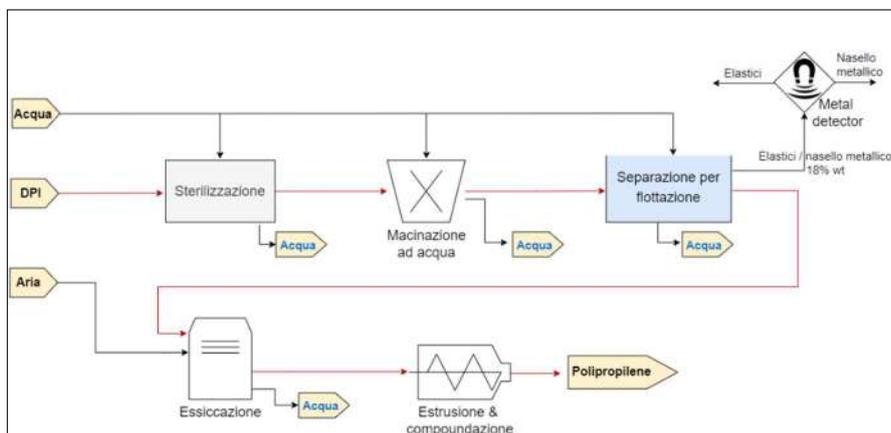
<p style="text-align: center;">STRENGTHS (S)</p> <p>S1: Disponibilità di DPI a fine vita S2: Riciclabilità dei polimeri costituenti i DPI S3: Rivalorizzazione di prodotti monouso S4: Riduzione del conferimento in discarica e dell'incenerimento S5: Esistenza di realtà territoriali che riciclano DPI S6: Percezione del consumatore riguardo a prodotti provenienti da processi di riciclo</p>	<p style="text-align: center;">WEAKNESSES (W)</p> <p>W1: Ostacoli legislativi e pratici alla raccolta di DPI W2: Assenza di una filiera unificata di riciclo W3: Prodotti potenzialmente infetti W4: Disomogeneità nei materiali costituenti i DPI W5: Necessità di additivazione per raggiungere le performance richieste per una specifica applicazione</p>
<p style="text-align: center;">OPPORTUNITIES (O)</p> <p>O1: Trasferibilità delle conoscenze in altri settori O2: Educazione del consumatore O3: Ecodesign dei DPI O4: Studio e ottimizzazione della raccolta per una maggiore riciclabilità dei DPI O5: Creazione di una nuova filiera di riciclo per i DPI O6: Rivalorizzazione degli scarti post industriali nella filiera di produzione dei DPI</p>	<p style="text-align: center;">THREATS (T)</p> <p>T1: Omogeneizzazione della composizione dei DPI in commercio T2: Creazione filiera di riciclo nazionale T3: Fluttuazione della domanda di DPI post-pandemia T4: Individuazione di un mercato per il reinserimento della materia prima seconda T5: Costo delle materie seconde ottenuta dal riciclo dei DPI T6: Requisiti tecnici richiesti alla MP seconda a seconda dell'applicazione finale T7: Variabilità di composizione del materiale in ingresso</p>

3. Risultati ottenuti

Lo screening preliminare sulle tipologie di DPI esistenti, sui loro materiali costituenti e sulle performance richieste ha permesso da un lato di stabilire l'attuale riciclabilità dei dispositivi di protezione in commercio, e parallelamente di stabilire i requisiti tecnici e di processo, grazie allo studio della reologia, per questo tipo di prodotti.

In seguito la valutazione delle attuali procedure di gestione dei DPI a fine vita ha determinato l'assenza di un percorso virtuoso per i dispositivi di protezione, che vengono destinati alla discarica se provenienti da fonti domestiche, o a termovalorizzazione se rifiuti ospedalieri. A fronte di questa criticità sono state studiate prospettive di fine vita maggiormente sostenibili, quali il riutilizzo o il riciclo via fisico-meccanica o chimica. Per ciascun polimero costituente i DPI è stata valutata la prospettiva di riciclo più adatta alle caratteristiche chimico-fisiche del materiale stesso, e sono state selezionate infine due tecnologie di riciclo adatte, se integrate, a trattare tutti i rifiuti da DPI: il riciclo meccanico per la componente poliolefinica (PP, PE, spesso usati nella produzione del TNT costituente i DPI) ed il riciclo mediante pirogassificazione, in grado di trattare matrici miste. Sono quindi state definite le tecnologie disponibili per ogni step di pre-trattamento degli scarti, con focus sull'analisi di sistemi di raccolta di DPI, di prodotti tessili, e sono state formulate ipotesi di sistemi

di raccolta di DPI, step fondamentale per la qualità del riciclato, ed è stato progettato un esempio di contenitore di raccolta (*mockup*). Successivamente sono stati strutturati 3 layout di riciclo per DPI misti, nel dettaglio: raccolta differenziata di DPI in TNT (ricchi in poliolefine) destinati al riciclo fisico-meccanico, nel secondo caso raccolta di DPI misti destinati a riciclo chimico mediante pirogassificazione (con impianto pilota disponibile presso l'azienda Elite Ambiente) e nel terzo caso un riciclo integrato che prevede la raccolta di DPI misti e la separazione della componente poliolefinica (PP, PE) da destinare al riciclo fisico-meccanico, mentre la restante parte viene riciclata per via chimica mediante pirogassificazione. Per questi 3 scenari è stata operata un'opportuna scelta dei pretrattamenti degli scarti e dei macchinari richiesti, con valutazione delle portate in gioco e dei consumi.



3.1 Nuove conoscenze acquisite

Gli output del WP-RI-1 hanno permesso di:

1. Individuare la grande varietà di polimeri costituenti i diversi tipi di DPI, al fine di stabilire le corrette tecnologie e parametri di *reprocessing* per la loro rivalorizzazione a fine vita.
2. Stabilire metodi di rivalorizzazione adatti ai materiali costituenti i rifiuti da DPI, portando alla riduzione dei conferimenti in discarica per l'intera filiera.
3. Selezionare e ottenere materie prime seconde provenienti da processi di riciclo fisico-meccanico dei DPI in tessuto non tessuto (TNT), o chimico mediante pirogassificazione dei DPI misti. Le MPS dal processo di riciclo meccanico possono essere valorizzate tramite collocazione in altre filiere (es. complementi d'arredo), aprendo un mercato legato ai materiali da riciclo, con conseguente beneficio economico.

3.2 Tecnologie impiegate

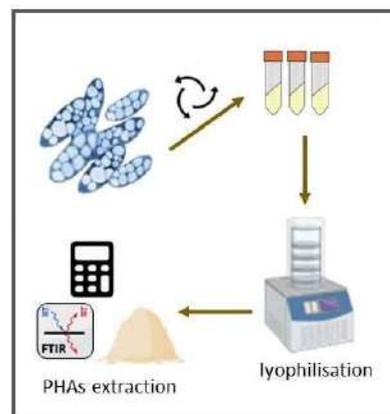
Per lo screening dei DPI commerciali e ugualmente per la definizione delle proprietà delle materie prime seconde ottenute da test di riciclo su alcuni DPI sono state eseguite prove di caratterizzazione chimica con spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier (FT-IR), caratterizzazione termica con calorimetria a scansione differenziale (DSC) ed analisi termogravimetrica (TGA), meccanica con test di trazione, flessione e impatto con metodo Izod, secondo normative ISO di riferimento.

I test di *reprocessing* dei DPI per la simulazione del processo di riciclo fisico-meccanico sono stati eseguiti con l'utilizzo di tecnologie di estrusione, per la fusione e miscelazione con opportuni additivi, granulazione per la formazione dei granuli di materia prima seconda e stampaggio ad iniezione e compressione della MPS in manufatti destinati alle caratterizzazioni suddette.

3.3 Pubblicazioni scientifiche

Grazie alla collaborazione tra i partner, è stata prodotta la seguente pubblicazione riguardante la caratterizzazione di PHA prodotti da biomasse e destinati alla realizzazione di DPI in biopolimero riciclabile mediante compostaggio:

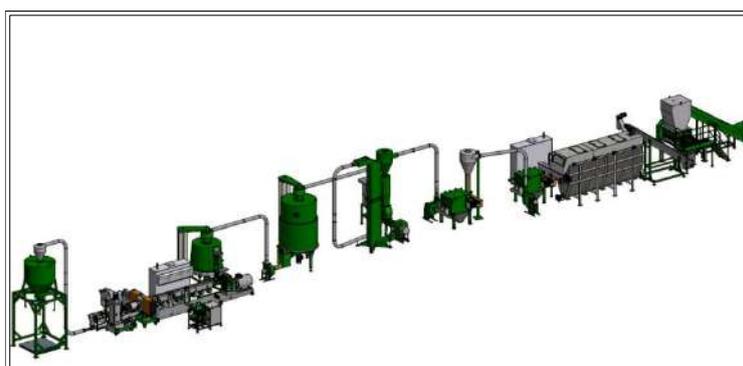
Paola Critelli, Giovanna Pesante, Stefania Lupinelli, Michele Modesti, Silvia Zanatta, Federico Battista, David Bolzonella, Nicola Frison, *Production and characterisation of PHAs by pure culture using protein hydrolysates as sole carbon source*, Environmental Technology & Innovation, Volume 28, 2022, 102919, ISSN 2352-1864, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102919>



PHAs extraction, chemico-physical analysis & yields calculations

4. Trasferibilità dei risultati all'interno della RIR o in altri contesti

Dopo uno *screening* dello stato dell'arte riguardante i DPI, sono stati definiti alcuni scenari significativi per il riciclo dei DPI stessi e sono stati presi in analisi i pretrattamenti necessari al riciclo sia fisico-meccanico che chimico per le diverse tipologie di polimeri costituenti i DPI (PP, PE, PA, PET, PU, ...). Questa conoscenza è generalizzata e risulta trasferibile a qualsiasi realtà che utilizzi i polimeri sopra citati. In una fase successiva è stata poi studiata la reologia di prodotto ottenuti dal *reprocessing* di DPI in tessuto non tessuto: la conoscenza delle proprietà della MPS permette di stabilirne le condizioni di riciclo fisico-meccanico e può essere trasferita a qualsiasi *blend* polimerico con reologia analoga in input al processo di riciclo. Infine sono stati strutturati 3 layout di riciclo per DPI misti, con opportuna scelta dei pretrattamenti degli scarti e dei macchinari richiesti. Questa filiera, pensata per DPI, può trattare sicuramente prodotti in TNT, nel dettaglio per via meccanica la componente poliolefinica, ma più in generale il processo di riciclo meccanico può essere trasferibile a qualsiasi prodotto in materiale polimerico termoplastico (rifusibile), le cui quantità in ingresso e la qualità della MPS ottenuta diano ragione d'essere al processo stesso. Il processo di riciclo chimico mediante pirogassificazione, essendo in grado di trattare matrici miste non necessariamente omogenee, è poi estensibile a molti altri rifiuti, quali ad esempio: fanghi industriali e civili, ad alto tenore di componente organica, plastiche miste di scarto, non riciclabili direttamente oppure la cui riciclabilità non è al momento economicamente conveniente ("PLASMIX" o plastiche termoindurenti, o ottenute da RAEE), residui di origine animale o vegetale, eventualmente frammisti a componenti non organiche contaminanti, come idrocarburi o metalli, biomasse di varia derivazione e matrici miste ora difficilmente lavorabili come cavi elettrici e schede elettroniche, con recupero dei metalli preziosi presenti e pirolizzazione di tutta la parte organica.





Un moltiplicatore di opportunità.
Da non lasciarsi sfuggire.

5. Partner di progetto

Imprese:



www.eliteambiente.it



www.agenziachimicaitaliana.it

AKKOTEX

www.akkotex.it



www.studiogallian.it



www.dolomiticert.it



www.crossing-srl.com



www.filtecsrl.eu



www.3dfast.it



www.chimicambiente.net

Organismi di ricerca:



www.unipd.it



www.dii.unipd.it



www.unive.it



www.galileovisionarydistrict.it

6. Approfondimenti

www.innoveneto.org

www.venetogreencluster.it

www.icer-grp.com