

---

Symbiosis Users Network – SUN  
Proceedings of the fourth SUN Conference

**Il ruolo della simbiosi industriale  
per la prevenzione della produzione di rifiuti:  
a che punto siamo?**

**The role of industrial symbiosis  
for waste prevention: where are we at?**

**November 4<sup>th</sup> 2020**

---

Edited by Tiziana Beltrani and Marco La Monica



**ENEA**

Italian National Agency for New Technologies,  
Energy and Sustainable Economic Development



The role of industrial symbiosis for waste prevention: where are we at?  
Symbiosis Users Network – SUN  
Proceedings of the fourth SUN Conference  
November 4<sup>th</sup>, 2020

*Edited by Tiziana Beltrani and Marco La Monica*

2021 ENEA

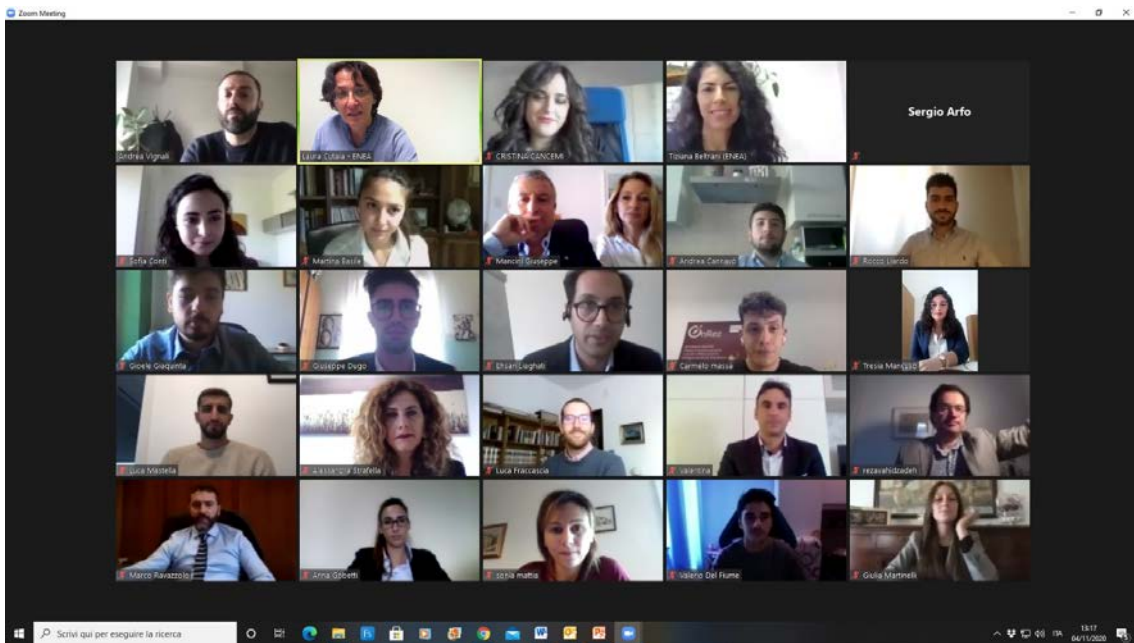
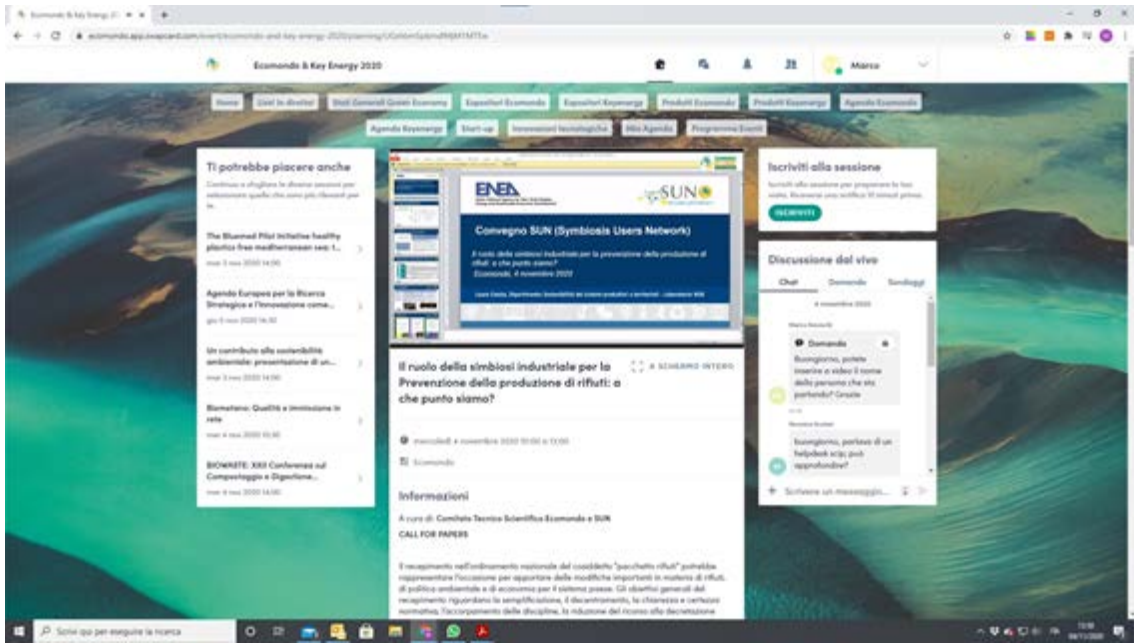
National Agency for New Technologies, Energy and  
Sustainable Economic Development

ISBN: 978-88-8286-408-8

Editorial review: Giuliano Ghisu

Cover design: Cristina Lanari

<i>INTRODUZIONE</i> .....	5
<i>INTERVENTI AD INVITO</i> .....	7
<i>CONTRIBUTO DI MARCO CONTE - UNIONCAMERE</i> .....	8
CONTRIBUTO DI MARCO RAVAZZOLO - CONFINDUSTRIA .....	13
<i>CONTRIBUTO DI LAURA D'APRILE - MINISTERO DELLA TRANSIZIONE     ECOLOGICA</i> .....	16
<i>CONTRIBUTO DI SILVIA GRANDI - MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO</i> ....	18
<i>INTERVENTI DA CALL FOR PAPER</i> .....	23
<i>EAF SLAG AS FILLER IN VULCANIZED RUBBER</i> .....	24
EVALUATION OF THE SUSTAINABILITY OF NUTRACEUTICALS STARTING FROM RESIDUAL BIOMASSES IN THE LOGIC OF BIOREFINERIES AND CIRCULAR BIOECONOMY.....	30
A SYMBIOTIC APPROACH FOR SUSTAINABLE WASTE, WASTEWATER AND RESIDUAL BIOMASS MANAGEMENT .....	38
MAPPING THE POTENTIALS FOR WASTE PREVENTION BY APPLYING INDUSTRIAL SYMBIOSIS IN THE PROVINCE OF BRESCIA.....	46
THE POREM BIO-ACTIVATOR FOR DEGRADED SOILS: OVERVIEW OF THE FIRST ITALIAN PRODUCTION RESULTS .....	51
THE APPLICATION OF BY-PRODUCTS LEGISLATION IN ITALY AS A STRATEGIC LEVER FOR THE COMPETITIVNESS OF BUSINESSES: AN EVOLVING LEGAL ADMINISTRATIVE SCENARIO .....	56
L'APPLICAZIONE DELLA DISCIPLINA DEL SOTTOPRODOTTO IN ITALIA QUALE LEVA STRATEGICA PER LA COMPETITIVITÀ DELLE IMPRESE: UNO SCENARIO GIURIDICO AMMINISTRATIVO IN EVOLUZIONE.....	66
<i>RELAZIONI BREVI DA CALL FOR PAPER</i> .....	77
IL GRUPPO DI INTERESSE SU TEMATICHE AMBIENTALI QUALE BEST PRACTICES DELLA TERZA MISSIONE DELL'UNIVERSITA' .....	78
DECARBONIZZAZIONE DEL SETTORE INDUSTRIALE CEMENTIERO – PRODUZIONE DI COMBUSTIBILE SOLIDO DAI RIFIUTI NON PERICOLOSI .....	81
IL RIUTILIZZO DEL GESSO COME MATERIA PRIMA SECONDA IN BIOEDILIZIA NELL'OTTICA DELLA SIMBIOSI INDUSTRIALE.....	84
RICICLO DI MATERIE PLASTICHE OTTENENDO MATERIA PRIMA SECONDA IN UN'OTTICA DI ECONOMIA CIRCOLARE.....	87
INNOVAZIONI TECNOLOGICHE SOSTENIBILI PER IL RECUPERO DEL TEGUMENTO DELLA MANDORLA DI AVOLA.....	90
TECNICHE PER LA VALORIZZAZIONE DEL VETRO SUGLI SCHERMI TELEVISIVI NELLA GESTIONE DEI RAEE.....	94



## *INTRODUZIONE*

---

L'emergenza COVID, a causa della quale l'edizione di SUN 2020 si è svolta completamente on-line, ha fatto emergere con ancora maggiore urgenza la necessità di prevedere, progettare e costruire nuovi modelli di produzione e distribuzione sostenibili e circolari che aiutino il pianeta e i suoi abitanti, a compensare e superare le problematiche ambientali, sociali ed economiche attuali. Tale necessità è stata peraltro ribadita a febbraio 2021 dal Governo Draghi che ha istituito il Ministero della transizione ecologica (MiTE) cui competono, tra le altre, le tematiche inerenti lo sviluppo dell'economia circolare ivi compresa la simbiosi industriale.

La simbiosi industriale costituisce una pratica strategica per ottenere risultati vitali alla competitività e all'efficienza del sistema paese: prevenzione della produzione di rifiuti dalle filiere produttive, ottimizzazione delle risorse, competitività e sostenibilità del sistema industriale e territoriale. Vista a livello sistemico, la simbiosi industriale non è solo una pratica, ma un insieme di relazioni complesse tra i molti attori coinvolti che possono a loro volta agevolare nuove sinergie, economie di scala, aumentare la cooperazione produttiva e organizzativa su più fronti.

La quarta edizione del convegno proposto dalla rete SUN, dal CTS di Ecomondo e da ENEA, tenutasi in edizione on-line il 4 novembre 2020, dal titolo "Il ruolo della simbiosi industriale per la prevenzione dei rifiuti: a che punto siamo?", ha rappresentato un appuntamento utile per avere una panoramica del percorso fatto sin qui in Italia sulla simbiosi industriale e iniziare a avere elementi per intravedere e tracciare nuovi percorsi.

Il convegno SUN 2020, seguito in diretta streaming da quasi 200 partecipanti, ha visto in apertura l'intervento dell'ing. Laura D'Aprile (Direttore Generale, Direzione Generale per l'Economia circolare - Ministero dell'Ambiente e della Tutela e del Territorio e del Mare ora Ministero della Transizione Ecologica), del Dr. Marco Conte (Vice segretario Generale area economia circolare e ambiente, Unioncamere), del Dr. Marco Ravazzolo (Area Politiche Industriali, Confindustria), dell'ing. Silvia Grandi (Dirigente della Divisione III - Economia circolare e politiche per lo sviluppo ecosostenibile, Ministero dello Sviluppo Economico).

Il panel istituzionale ha portato all'attenzione dei presenti una serie di tematiche importanti tra cui, per citarne alcune, la necessità di un mercato delle materie prime e seconde che accorpi le singole esperienze di simbiosi in una prassi diffusa su tutto il territorio e la necessità di poter contare su una normativa, e sulla sua applicazione, uniforme e certa a livello nazionale, per consentire al sistema delle imprese, e non solo,

di adottare in maniera sistematica la simbiosi industriale. I presenti Atti riportano anche una sintesi degli interventi istituzionali citati.

Nella seconda parte della mattinata è stato dato spazio alle presentazioni della call for paper che hanno visto coinvolti responsabili di imprese, ricercatori e studenti universitari. Il presente documento raccoglie i contributi pervenuti dagli interventi sia oral che poster offerti al convegno.



**Ing. Laura Cutaia,**  
Presidente SUN, ENEA - Responsabile del  
"Laboratorio di valorizzazione delle Risorse"  
(RISE) nel Dipartimento "Sostenibilità dei Sistemi  
Produttivi e Territoriali"



**Dr. Andrea Vignali,**  
Giornalista di Presa Diretta

# INTERVENTI AD INVITO



## **CONTRIBUTO DI MARCO CONTE - UNIONCAMERE**



**Dott. Marco Conte**

Vice Segretario Generale Area Economia  
Circolare e Ambiente, Unioncamere

La simbiosi industriale, come è noto, si può realizzare secondo diversi modelli, in base al tipo di organizzazione adottata.

Le esperienze finora realizzate in Italia sono classificabili in questi tre modelli:

1. *distretti di simbiosi*, ossia relazioni tra imprese che realizzano interventi sinergici per ottimizzare e chiudere i cicli produttivi. Sono sinergie che nascono nei rapporti tra subfornitori e industria produttiva, al di fuori di una programmazione;
2. *parchi eco-industriali*, ovvero collaborazioni tra aziende che nascono da una specifica pianificazione e prevedono una gestione orientata alla simbiosi industriale; nascono in genere dove vi sono produzioni importanti e distretti o filiere corte già autonomamente organizzate: la pianificazione consente la riduzione delle diseconomie esterne e la creazione di infrastrutture di servizio dedicate;
3. *reti per la simbiosi industriale*, strumenti che consentono l'incontro tra domanda e offerta di risorse. È un modello più flessibile e adattabile nel tempo alle diverse esigenze, ma richiede affidabilità di partner e fornitori, certezza sulle materie prime seconde poste sul mercato, sia per gli utilizzatori che per gli amministratori pubblici. Al momento abbiamo poche esperienze sperimentali.

È chiaro che ognuno di questi modelli è utile allo sviluppo di un sistema di riduzione dei rifiuti e di riciclo e riuso di materie, di produzione di materie prime seconde funzionale all'economia circolare. Serve però un quadro di regole che consenta lo sviluppo di queste pratiche, pur nel rispetto delle esigenze della salute pubblica. Ma serve anche la nascita di un vero mercato delle materie prime seconde, dei sottoprodotti, dei prodotti a fine vita e questo è molto più complicato, perché non è un tema che si chiude solo nel circuito produttivo industriale, ma richiede una nuova consapevolezza degli amministratori pubblici, dei consumatori, degli organi di controllo. E possiamo dire che da questo punto di vista ancora non ci siamo.



Possiamo anzi affermare che per favorire l'economia circolare dobbiamo iniziare a operare affinché la simbiosi industriale, come il sistema dei sottoprodotti, escano dallo stretto ambito nel quale ora operano, in base sostanzialmente ad accordi tra imprese in un circuito chiuso; occorre creare un adeguato sistema di circolazione delle informazioni e - dove possibile - di standardizzazione dei sottoprodotti da immettere sul mercato. Esistono già realizzazioni ed esperienze utili, basta saperne trarre gli insegnamenti generali.

Il sistema camerale può dire con cognizione di causa quanto questa strada sia difficile e quanto però il progresso tecnologico e le nuove norme comunitarie ci possano essere di aiuto.

Oltre alle storiche attività amministrative, le Camere di commercio si sono infatti sempre più impegnate sui temi ambientali, accompagnando già i primi tentativi del sistema imprenditoriale di operare in nuovi segmenti di mercato, favorendo sempre una logica di trasparenza e di regolazione del mercato.

Risale agli anni '90 il primo esempio di Borsa Telematica del recupero, un portale promosso e gestito dal sistema camerale attraverso la propria società Ecocerved e che si poneva l'obiettivo di mettere in contatto domanda ed offerta di rifiuti recuperabili.

L'esperienza della Borsa si esaurì dopo qualche anno, le ragioni erano molteplici:

- l'attività di gestione dei rifiuti cominciava, proprio in quegli anni, sulla scia delle innovazioni normative introdotte dalle Direttive europee e dalla normativa nazionale, ad assumere caratteristiche da settore industriale, ma era ancora fortemente connotato dalla presenza di piccole e medie imprese e l'approccio prevalente era rivolto al "dove colloco i rifiuti", non al "cosa ne faccio";
- le applicazioni web non erano sofisticate come oggi e l'utilizzo della rete e di strumenti di contratti e pagamenti digitali per comprare e vendere non era diffuso come oggi;
- mancavano informazioni facilmente accessibili sugli impianti e sui trasportatori autorizzati a trattare rifiuti;
- mancava un sistema di certificazione del materiale trattato.

### I sottoprodotti

Dagli inizi del nuovo secolo le Camere di commercio hanno svolto, con risorse proprie, un'ampia azione a sostegno dell'adozione di sistemi di gestione ambientale e sviluppo di filiere produttive, anticipando il ruolo che la nuova legge di Riforma del 2016 riconosce alle Camere: il ruolo di sostegno alle PMI per la promozione dello sviluppo sostenibili.

Il 2016 è anche l'anno in cui l'Italia è intervenuta per agevolare il mercato dei sottoprodotti in linea con i cambiamenti dettati dall'Unione europea in materia di economia circolare, con il DM n. 264/16, con l'obiettivo di fornire criteri indicativi per agevolare la dimostrazione della sussistenza dei requisiti per la qualifica dei residui di produzione come sottoprodotti e non come rifiuti.

Il DM n. 264 non innova in alcun modo la disciplina sostanziale generale del settore, ma si è posto l'obiettivo di agevolare la circolazione dei sottoprodotti.

Si è chiesto pertanto alle Camere di commercio di realizzare un portale che contenesse un elenco dei sottoprodotti, in cui iscrivere i produttori e gli utilizzatori di sottoprodotti interessati a cedere o acquistare residui produttivi da impiegare, utilmente e legalmente, nell'ambito della propria attività, dichiarando i dati aziendali essenziali e la tipologia dei sottoprodotti che si propone di cedere.

L'istituzione dell'elenco non rappresenta un requisito abilitante per i produttori e gli utilizzatori di sottoprodotti, ma è una vera e propria vetrina.

La possibilità di gestire un residuo quale sottoprodotto e non come rifiuto, dunque, non dipende in alcun modo, né in positivo né in negativo, dalla iscrizione.

Dopo quasi 3 anni dall'istituzione dell'elenco, risultano iscritti 250 produttori (che svolgono attività economiche le più diverse) e circa 100 utilizzatori di sottoprodotti (in particolare del settore agricolo ed energetico). La possibilità di inserire la scheda tecnica del sottoprodotto in sede di iscrizione (che avrebbe potuto dare agli operatori informazioni di natura merceologica sui sottoprodotti) è stata poco utilizzata. Insomma, anche questa volta registriamo un insuccesso.

In verità, i sottoprodotti sono poco conosciuti dagli organi di controllo e sono da loro visti con sospetto; di converso, l'iscrizione all'elenco viene percepita dalle imprese come priva di utilità concreta se non addirittura rischiosa, in quanto espone le imprese ai controlli perché la considerazione degli organi di accertamento è quella appena descritta. Eppure lo stesso DM 264 ha voluto la costituzione di una piattaforma, con l'evidente intento di stimolare il mondo produttivo a entrare in una logica di simbiosi.

E certamente oggi la situazione è diversa e migliore rispetto al periodo pionieristico dei primi anni '90 dello scorso secolo: abbiamo la disponibilità di una mole importante di informazioni ambientali, basti solo pensare a quelle generate dalla collaborazione tra il Ministero dell'ambiente e il sistema camerale, come l'Albo gestori ambientali, il MUD, i registri ambientali come quello sugli impiantisti di F-Gas, o i registri dei produttori di RAEE o di Pile. È quindi oggi molto più facile avere notizie sui gestori o sugli impianti, per cui il ricorso a piattaforme di scambio è molto più sicuro; è anche più facile gestire la responsabilità estesa del produttore.

E proprio i registri ambientali (Registro Fgas e Registro Pile/AEE) supportano le norme europee in materia di Responsabilità Estesa del Produttore dell'intero ciclo di vita del prodotto (in particolare ritiro, riciclo e smaltimento finale) e consentono la realizzazione di un sistema informativo sui dati dei prodotti immessi sul mercato dai produttori, sulla loro raccolta e sul trattamento dei rifiuti generati. Ciò acquista particolare importanza in considerazione dell'importanza che il principio della Responsabilità estesa del Produttore riveste nel nuovo D.lgs. n.116/2020 di recepimento delle misure europee in materia di Economia Circolare.

Il rilancio della piattaforma potrebbe avvenire attraverso:

- a) l'utilizzo mirato a servizio di specifiche filiere e territori, con l'obiettivo di rafforzare o favorire la crescita di forme di simbiosi industriale, per ora valorizzando le scelte autonome delle imprese, mentre una logica di programmazione pubblica richiede strumenti normativi ancora non disponibili;
- b) la qualificazione dei materiali che vengono proposti sulla piattaforma attraverso:
  - disciplinari di filiera a qualificazione dei materiali, anche recependo le esperienze già adottate in singole regioni (p.es. Emilia-Romagna) o sviluppate da progetti di ENEA;
  - definizione di normative tecniche di riferimento;
- c) l'attribuzione di un valore abilitante alla piattaforma, laddove il produttore certifichi (con proprio sistema di gestione o con certificazione affidata a terzi) la sussistenza dei requisiti di legge per i sottoprodotti proposti sulla piattaforma e le specifiche di qualità richieste dalle normative tecniche.

L'esperienza delle Camere di commercio in materia ambientale, ormai più che ventennale, nasce dai compiti demandati dal legislatore europeo e nazionale nella raccolta dei dati relativi all'impatto ambientale delle imprese tramite il MUD che rappresenta ad oggi una fonte necessaria ed indispensabile per consentire allo stato italiano di rispondere agli obblighi informativi previsti dall'Unione Europea. I dati ambientali integrano e completano il sistema informativo del tessuto imprenditoriale italiano, il Registro imprese tenuto dalle Camere di commercio.

La particolare efficacia dell'azione amministrativa ed informativa del sistema camerale deriva dal fatto che agiscono a livello territoriale in stretto contatto con le imprese e le loro associazioni e, a differenza delle altre amministrazioni locali, operano all'interno di una rete nazionale - in grado di garantire le stesse modalità di raccolta ed analisi dei dati e di rilascio delle autorizzazioni su tutto il territorio nazionale - interconnessa da sistemi informatici e telematici sicuri ed evoluti e, conseguentemente, in grado di garantire tempi di evasione rapidi e compatibili con l'attività economica.

Oltre alle funzioni informative e amministrative, le Camere rivestono un ruolo di:

- “Ascolto” del territorio, con tavoli ambientali con associazioni di categoria e la pubblica amministrazione competente, focus-group con imprese (e non solo con le imprese leader che, in molti casi, possono procedere autonomamente!), al fine di individuare le criticità e le tematiche sulle quali è possibile effettivamente dare un supporto;
- Definizione di un programma realistico che consideri la piattaforma telematica come uno degli strumenti e non come lo strumento che racchiude in sé tutte le soluzioni per avviare processi di simbiosi industriale;
- Informazione/formazione alle imprese e agli enti locali sugli strumenti normativi e sulle tecnologie di innovazione a supporto dello sviluppo del mercato del riciclo;
- Individuazione delle filiere con processi e problemi comuni, a prescindere dal territorio.

Infine un accenno va fatto al sistema della Responsabilità estesa del Produttore. Attraverso la sostituzione dell'art. 178 bis e l'introduzione di un nuovo articolo 178 ter, in attuazione del principio secondo il quale il produttore di un qualsiasi manufatto deve occuparsi del suo fine vita, viene riformato il sistema di Responsabilità estesa del Produttore.

Tra le principali novità vi è la definizione di una serie di requisiti minimi per la Responsabilità estesa del produttore (dei quali fanno parte la previsione di una responsabilità finanziaria o finanziaria organizzativa dei produttori nella gestione del fine vita dei rifiuti derivanti dai loro prodotti, la definizione chiara dei costi posti a carico dei produttori e l'assicurazione di una copertura geografica della raccolta che corrisponde alla copertura geografica della distribuzione dei prodotti).

Viene anche stabilito per i produttori l'obbligo di iscriversi e comunicare dati e informazioni a un nuovo “Registro nazionale dei produttori”.

Come già detto il sistema camerale ha già delle esperienze significative nella realizzazione e gestione dei Registri ambientali del Ministero dell'Ambiente che di fatto attuano il principio della Responsabilità estesa del produttore quali il Registro AEE e il Registro Pile. Il sistema camerale si candida quindi alla gestione del registro nazionale dei produttori: la possibilità di garantire una piena interoperabilità tra il registro dei produttori e il registro delle imprese, oltre a determinare una consistente semplificazione nell'operatività, garantirebbe l'identificazione delle imprese e l'autenticazione dei soggetti che in loro nome operano sul registro.

## CONTRIBUTO DI MARCO RAVAZZOLO - CONFINDUSTRIA



**Dott. Marco Ravazzolo**

Direttore Area Politiche Industriali,  
Confindustria

Confindustria ha ritenuto opportuno inserire, tra le raccomandazioni di policy per poter investire su “ambiente, territorio e cultura”, al fine di creare sviluppo, la necessità di completare la “transizione verso un modello economico “circolare”.

In tal senso, abbiamo individuato tre linee d’intervento principali per perseguire tale obiettivo:

- abbattere le barriere non tecnologiche, derivanti da un approccio restrittivo del legislatore e degli enti preposti al controllo e al rilascio delle autorizzazioni, che di fatto rendono conveniente e preferibile ancora la gestione dei residui di produzione come rifiuto anziché come sottoprodotto, ovvero l’avvio di tali residui ad operazioni di riciclo/recupero;
- favorire lo scambio di beni prodotti in linea con i principi dell’economia circolare, tenendo presente, da un lato, le opportunità offerte dal ruolo della domanda pubblica, dall’altro, che il crollo dei prezzi di alcune materie prime rende economicamente difficile la scelta di materie “seconde”. Dalla nostra analisi emerge infatti che in Italia l’utilizzo di nuova materia prima seconda andrebbe incentivata maggiormente sia dal punto di vista normativo che fiscale;
- innalzare la capacità impiantistica “virtuosa” del Paese, favorendo l’efficienza degli impianti di riciclo e recupero esistenti, valutando la necessità di costruirne di nuovi e limitando al minimo la presenza di discariche sul territorio.

Per quel che attiene il quadro normativo di riferimento, basti pensare che in dodici anni sono state apportate al testo originario del Codice dell’Ambiente mediante 72 modifiche all’anno. Gli operatori economici esigono certezza del diritto, per poter fare investimenti nella direzione dell’innovazione. È il momento di porre fine ai pregiudizi

anti-imprenditoriali che non fanno bene all'ambiente e danneggiano l'economia e la creazione di posti di lavoro.

Non c'è economia circolare senza l'industria. Quest'ultima, tramite l'innovazione tecnologica, è capace di migliorare la tutela dell'ambiente e rafforzare la crescita economica del Paese.

Merita una adeguata riflessione l'aspetto fondamentale legato alla capacità impiantistica del Paese. Come Confindustria riteniamo infatti che la piena realizzazione di un modello economico circolare, dove il conferimento in discarica possa tendere a zero, potrà avvenire, potendo contare sul progresso e l'innovazione tecnologica, unita a una adeguata dotazione impiantistica. Abbiamo quindi elaborato alcune proposte volte a promuovere l'innalzamento di tale dotazione infrastrutturale, che passa anche per l'ampliamento degli impianti esistenti, sottolineando in particolare l'importanza anche del ruolo degli impianti di termovalorizzazione.

Infatti, nell'affrontare la tematica relativa al corretto impiego degli impianti di termovalorizzazione è necessario, in primo luogo, chiarire l'importanza della gerarchia definita a livello europeo fin dal 2008 e che individua un chiaro ordine di priorità nella gestione dei rifiuti, privilegiando l'attività di riciclo a quella di recupero di energia e superare i pregiudizi ideologici verso tali impianti, che rappresentano invece un tassello dell'economia circolare.

Al contempo, è altrettanto importante sottolineare, che non sempre è possibile garantire che tutto il rifiuto venga destinato a recupero di materia, come, ad esempio, nel caso dei residui dei processi di recupero e riciclo che, ovviamente, non possono essere inviati nuovamente ad un'operazione di recupero o riciclo. Per questo si ritiene di fondamentale importanza il ruolo della termovalorizzazione per il recupero di energia dai rifiuti, in particolare per un Paese come l'Italia fortemente dipendente sul fronte delle fonti energetiche primarie. Risulta, quindi, importante che venga conferita la giusta dignità ai processi di produzione energetica da rifiuti, secondo la catena gerarchica, nell'ottica di favorire il processo di decarbonizzazione dell'economia e limitare il conferimento in discarica.

Infine, è fondamentale prevedere misure volte all'incentivazione dell'innovazione e della domanda di prodotti derivanti da processi di economia circolare evitando, di contro, approcci restrittivi e puntivi nei confronti di determinati materiali e prodotti. In questo senso, è importante potenziare o riprodurre lo strumento del Piano Transizione 4.0, con particolare riferimento alle premialità legate agli obiettivi ambientali e introdurre strumenti di fiscalità agevolata, come una riduzione dell'aliquota IVA, per i prodotti considerati "circolari".

Inoltre, per incentivare le PMI, si potrebbero prevedere misure speculari a quelle dei voucher per l'innovazione, prevedendoli anche per le attività volte a favorire processi "circolari". È poi necessario favorire il ricorso da parte delle aziende ai soggetti esperti in economia circolare (es. Circular economy manager), in modo da promuovere le competenze specifiche in azienda in tale settore e, in generale, favorire e agevolare progetti di partenariato pubblico privato per attirare investimenti.

Infine, per meglio sfruttare le potenzialità offerte da questi nuovi modelli di business, è necessario potenziare la leva dell'alta formazione per quel che concerne l'economia circolare applicata ai modelli industriali, prevedendo dottorati specifici in economia circolare, o comunque corsi post-laurea che garantiscano la migliore formazione in materia di economia circolare e green economy.

## ***CONTRIBUTO DI LAURA D'APRILE - MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA***



**Ing. Laura D'Aprile**  
Direttore Generale per  
l'Economia Circolare,  
Ministero della Transizione  
Ecologica'

Il convegno SUN affronta una questione sostanziale dello sviluppo della filiera dell'economia circolare nel nostro paese. In particolare, affronta l'aspetto relativo ai casi concreti di simbiosi industriale che può sembrare un concetto astratto, ma che, come risulta dai dati che sono stati presentati da vari stakeholder del settore in Italia, è una realtà e non è un qualcosa che dobbiamo realizzare da zero.

Il nuovo recepimento del pacchetto economia circolare con i decreti legislativi pubblicati in Gazzetta il 3 settembre 2020 ed entrati in vigore tra il 26 e 29 settembre del 2020 costituisce una grande opportunità per lo sviluppo sostanziale dell'economia circolare nel nostro paese. Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare sta lavorando in grande sinergia con il Ministero dello Sviluppo Economico per l'implementazione di una strategia nazionale per l'economia circolare con il supporto degli istituti scientifici di riferimento: l'ISPRA per il Ministro dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare e l'ENEA per il Ministero dello Sviluppo Economico. I pilastri su cui il Ministero dell'Ambiente intende costruire questa strategia sono: la risoluzione del gap impiantistico, l'accelerazione delle procedure per la definizione dell'End of Waste, la promozione dei Criteri Ambientali Minimi. L'obiettivo è quello, attraverso lo strumento del programma nazionale rifiuti introdotto dall'art. 198-bis del Dlgs 152/06, di rafforzare la pianificazione regionale e colmare, finalmente il deficit impiantistico puntando su: incentivazione della raccolta differenziata, recupero e riciclaggio, favorendo l'introduzione di processi innovativi che consentano il raggiungimento degli obiettivi comunitari, recepiti a livello nazionale.

In tutta questa costruzione della strategia nazionale, chiaramente, non possiamo partire da zero ma dobbiamo porre l'attenzione alle iniziative di impresa già sviluppate nel territorio nazionale, valorizzando le specificità nazionali.



Tali iniziative sono, in taluni casi, in una fase di ricerca; in altri casi in una fase avanzata di applicazione tecnico-scientifica; talvolta, sono, ormai, a scala industriale. In questo senso il supporto dell'ENEA, così come quello dell'ISPRA, per gli specifici ambiti di competenza, è assolutamente fondamentale per l'identificazione delle realtà che, anche se sono ancora a carattere sperimentale a livello tecnico-scientifico, sono però quelle che possono portare ad una implementazione più rapida delle iniziative a livello industriale. Altrettanto fondamentale è la realizzazione in un ambito di simbiosi industriale dei cosiddetti eco-distretti, perché questo ci consente non solo di attuare una filiera corta ma anche di rispondere a delle esigenze che sono trasversali. Quando parliamo di economia circolare non dobbiamo pensare solo all'ambito di rifiuti ma ormai dobbiamo pensare all'ecodesign e allo sviluppo di nuovi prodotti e anche agli impatti sulle altre matrici ambientali.

## CONTRIBUTO DI SILVIA GRANDI - MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO



### Ing. Silvia Grandi

Dirigente della Divisione III -  
Economia Circolare e  
politiche per lo sviluppo  
ecosostenibile, Ministero  
dello Sviluppo Economico

Alfred Marshall nel 1920, e più tardi nel 1947, in una prospettiva economica, mette in evidenza la centralità delle esternalità positive di agglomerazione nella dinamica imprenditoriale. Quello di Marshall è un lavoro seminale fondativo per l'analisi che porterà Giacomo Becattini a sviluppare il modello dei distretti industriali teso a spiegare il successo delle piccole e medie imprese in Italia<sup>1</sup>. Le parole di Marshall del tempo si concentrano sulla dinamica del lavoro e sulle competenze: *“un'industria localizzata ottiene sempre grande vantaggio dal fatto di offrire un mercato costante di lavoro specializzato. Gli imprenditori affluiranno ad ogni luogo ove abbiano la probabilità di trovare una buona scelta di operai dotati delle capacità speciali di cui essi hanno bisogno; mentre coloro che cercano occupazione accorrono naturalmente dove vi sono molti imprenditori [...]”*<sup>2</sup>. Tuttavia, l'osservazione marshalliana continua con l'evidenziare anche le dinamiche di filiera evidenziando, anche se solo in maniera accessoria, le tecnologie e i flussi materici secondari: *“Sorgono nelle vicinanze industrie sussidiarie che provvedono a quella principale utensili e materiali, ne organizzano traffici e conducono in più modi all'economia dei materiali che essa adopera [...] l'uso economico di macchine costose si può talora conseguire in sommo grado in una zona in cui esista una forte produzione complessiva dello stesso genere, anche se nessun capitale singolo impiegato nell'industria è molto forte. Infatti le industrie sussidiarie che si dedicano soltanto ad un piccolo ramo del processo di produzione e lo esercitano per un gran numero di industrie*

<sup>1</sup> Becattini, G. (1987). *Mercato e forze locali: il distretto industriale*, Il Mulino, Bologna

<sup>2</sup> Marshall, A. (1947). *Industrial Organization, Continued. The concentration of Specialized Industries in Particular Localities*. In *Principles of Economics: An introductory Volume. Eighth Edition*, Chapter X. McMillan, London, pp. 267-77

*vicine, sono in grado di tenere continuamente in attività macchine specializzate al massimo grado e di ottenere che questa utilizzazione compensi la spesa [...]³.*

Sempre nel 1947, un geografo economico americano, George Renner nel suo contributo nella rivista *Economic Geography*, partendo dalla teoria weberiana della localizzazione industriale<sup>4</sup> e considerando anche il pensiero marshalliano di cui sopra, evidenzia che la localizzazione di un'industria non può essere pienamente compresa solo in termini dei suoi ingredienti *localizzativi* à la Weber (mercato, stabilimento, tipo e luogo della materia prima, costo del trasporto) ma apre alle “interrelazioni industriali”.

Renner afferma che *“ci sono relazioni tra le industrie, a volte semplici, ma spesso molto complesse, che entrano nell'analisi e la completano. Il principale di questi è il fenomeno della simbiosi industriale. Con questo si intende il consorzio di due o più industrie dissimili”*<sup>5</sup>. In particolare è la simbiosi industriale “congiuntiva” che offre uno strumento per la chiusura dei cicli delle risorse, proponendo la relazione, e quindi lo scambio di risorse, anche tra imprese, settori e processi non dello stesso settore.

Rispetto al modello dei distretti industriali marshalliani, con la simbiosi industriale significa promuovere vantaggi competitivi attraverso lo scambio di materia, energia, acqua e/o sottoprodotti non solo nell'ambito dello stesso settore. Si pensi al tipico caso del tessile pratese, ma anche tra imprese di filiere diverse che possono “metabolizzare” gli output secondari di processo in una “relazione organica” tra loro. *“In molti casi, una di queste industrie fa un prodotto che diventa a sua volta una materia prima per la seconda industria. [...] un tipo di simbiosi congiuntiva che fornisce la base per la “cosiddetta” integrazione verticale delle industrie”*<sup>6</sup>.

Non solo, Renner (*ibidem*), ispirandosi anche ai lavori marshalliani, parla specificatamente di “co-industrializzazione”, quando le imprese utilizzano i prodotti di scarto di altre industrie, una *“tendenza delle industrie manifatturiere a svilupparsi in modo simbiotico è, dopo il raggiungimento della maturità industriale, molto sorprendente. Il suo risultato netto è quello di produrre urbanizzazione e raggruppamento urbano su larga scala. Questo a sua volta produce enormi agglomerati di mercato e serbatoi di manodopera, che agiscono come ulteriori magneti per l'industria. Le strutture commerciali e di credito sono migliorate e le facilità di trasporto*

---

<sup>3</sup> Marshall, A. (1947). Industrial Organization, Continued. The concentration of Specialized Industries in Particular Localities. In *Principles of Economics: An introductory Volume*. Eighth Edition, Chapter X. McMillan, London, pp. 267-77

<sup>4</sup> Weber, A. (1909). *Theory of the Location of Industries*, University of Chicago University Press, Chicago

<sup>5</sup> Renner, G.T. (1947). *Geography of Industrial Localization*. *Economic Geography* 23 (3), pp. 167–189

<sup>6</sup> Renner, G.T. (1947). *Geography of Industrial Localization*. *Economic Geography* 23 (3), pp. 167–189

*sono sviluppate ad un livello ottimale. Queste strutture attraggono nella zona una miriade di industrie mal celesti. Il risultato finale è probabilmente quello di portare una specializzazione geografica nell'industria manifatturiera su una grande scala regionale. L'attrazione di una tale regione può diventare così forte da portare nei suoi confini tutte le industrie manifatturiere, tranne quelle che devono rimanere adiacenti a certe classi di materie prime."*

La simbiosi industriale parte dall'idea dell'esistenza di economie esterne positive quando alcune imprese si localizzano nello stesso luogo e possono scambiarsi materia, oltre che *know-how* e personale. Tuttavia il contesto culturale ed industriale americano dell'epoca in cui Marshall e Renner sviluppano il loro approccio teorico, trascura le potenziali esternalità positive di tipo ambientale che invece evidenziano Cutaia e Morabito<sup>7</sup> presentando il caso emblematico di Kalundborg in Danimarca. In questo luogo, dagli anni '60, si è sviluppato un modello di territoriale a scala comunale che è diventato uno degli archetipi di riferimento della simbiosi industriale e della co-industrializzazione, ossia dove gli scambi di materie seconde, scarti di produzione e forme residue di energia massimizzano l'efficienza dei singoli processi produttivi e minimizzano l'impatto ambientale. Quindi nel caso della simbiosi industriale, oltre alla circolarità, si osserva una maggiore sostenibilità se, come probabile, la chiusura del ciclo si trasforma non solo in un'opportunità di efficienza economica, ma contestualmente in equità intra ed intergenerazionale e una modalità per preservare l'integrità degli ecosistemi della regione di riferimento<sup>8</sup>.

Il discorso sulla simbiosi industriale è radicato profondamente nei comportamenti imprenditoriali in maniera più o meno tacita. Tuttavia, fin dai tempi di Marshall e Renner, i modelli sono descrittivi, volti a spiegare fenomeni "organici" di concentrazione e di agglomerazione, ossia la scelta di ottimizzare e integrare i cicli materici sono una reazione spontanea ed intelligente che accompagna i comportamenti degli imprenditori e dei lavoratori. Spesso questo fenomeno, quando non è così evidente e cosciente come nel caso di Kalundborg, rimane invisibile agli indicatori statistici usati nell'analisi delle *policy* ma in termini teorici e di principio è prevedibile che accada e possa accadere, così come è evidente l'eventuale dinamica di vantaggio nell'adozione di questo approccio.

La domanda a livello di *policy maker*, tuttavia, che ci si potrebbe porre è se ci sono modalità attraverso le quali le politiche pubbliche possano rafforzare e facilitare questo

---

<sup>7</sup> Cutaia, L., Morabito, R. (2012). Ruolo della Simbiosi industriale per la green economy, *Energia, Ambiente e Innovazione*, Edizioni Enea, Roma.

<sup>8</sup> World Commission on Environment and Development WCED (1987). Our common future. Oxford University Press, Oxford.

Vallega, A. (1995). La regione, sistema territoriale sostenibile, Mursia, Milano

fenomeno per massimizzare, ad esempio, gli effetti positivi sull'ambiente e sulla sicurezza degli approvvigionamenti di materie prime. Si tratta cioè di ragionare se un approccio di tipo analitico può diventare normativo.

Le evidenze accademiche più consolidate portano a mettere sostanzialmente in dubbio la possibilità di successo di questo passaggio. Un caso emblematico è quello dei poli di sviluppo di Perroux, dove la dimensione normativa ha portato all'utilizzo più o meno consapevole della teoria della polarizzazione per la definizione delle strategie di sviluppo economico ed industriale. Il successo dell'idea perussiana sia a scala regionale che a quella nazionale ha generato dinamiche "artificiali" volte a creare funzionalmente dal nulla o accelerare dinamiche naturali. L'operazione come è noto ha spesso portare ad eccessi di fiducia sul meccanico ottenimento dei risultati positivi<sup>9</sup>. Pertanto, un atteggiamento prudentiale e ragionato è sicuramente d'uopo e sembra opportuno ricordare che le leve per rafforzare le esternalità positive intra-azienda, derivano da alcuni fattori strategici di non trascurabile complessità tra i quali: (a) la cultura imprenditoriale locale; (b) l'esistenza di un fattore naturale che crea un valore aggiunto territoriale (si pensi al caso Prato e alle caratteristiche chimiche dell'acqua del territorio che ha influito sulla qualità della lavorazione tessile).

Ci sono dei passaggi culturali fondamentali nella società in cui soluzioni tecnologiche e organizzative possono trovare terreno fertile nel passaggio da una fase di sperimentazione ed analisi a standard adottati da un largo numero di imprese.

In Italia, l'evoluzione scientifica e teorica attorno alla simbiosi industriale fino ad ora ha visto uno sviluppo di un approccio scientifico-tecnologico piuttosto che uno esplicitamente di tipo normativo. L'ENEA ha svolto sicuramente un ruolo di pivot in questo senso, codificando il concetto e riapplicandolo attraverso varie sperimentazioni in chiave territoriale oppure in chiave relazionale, con la creazione di piattaforme (anche informatiche) che possano svolgere da facilitatori delle dinamiche di mercato.

Negli ultimi anni si è parlato molto della transizione ad un'economia green e circolare come situazione ideale per la sostenibilità del Pianeta. Il le linee programmatiche della Commissione Europea attraverso le comunicazioni strategiche del 2019 "Il Green Deal europeo" e del 2020 "Next Generation EU" sembrano indicare una straordinaria attenzione alla transizione ecologica, quindi all'impegno delle *policies* per un'economia più circolare e a zero emissioni.

---

<sup>9</sup> Conti, S. (1996). *Geografia Economica. Teorie e Metodi*, UTET, Torino

Per evitare i rischi e gli inconvenienti visti nei casi di applicazione troppo ottimistica di modelli analitici convertiti in normativi e quindi forzando le politiche pubbliche verso un approccio volto ad imporre la simbiosi industriale in modo diretto, sembra opportuno ragionare in termini di precondizioni, ossia prevedere cinque livelli di azione integrata: (a) rafforzare la conoscenza tecnico scientifica e l'atmosfera degli ecosistemi innovativi; (b) rafforzare la conoscenza di mercato, soprattutto per agevolare la domanda e l'offerta materica non solo delle materie prime, ma anche tutte quelle provenienti da sottoprodotti, da riciclo, da riuso ecc.; (c) rafforzare la diffusione dell'informazione, della fiducia ("trust") e della cultura manageriale tesa all'ottimizzazione materica inter-aziendale nonché (d) non creare elementi di rallentamento ai fenomeni di agglomerazione sia fisica che relazionale.

# INTERVENTI DA CALL FOR PAPER



# EAF SLAG AS FILLER IN VULCANIZED RUBBER

Anna Gobetti<sup>1\*</sup>, Giovanna Cornacchia<sup>1</sup>, Marco La Monica<sup>2</sup>, Massimo Svanera<sup>3</sup> Giorgio Ramorino<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of mechanical and industrial engineering, University of Brescia, ITALY

<sup>2</sup> Laboratory for Resources Valorisation (RISE), Department for Sustainability, ENEA, ITALY

<sup>3</sup> ASONEXT SPA, ITALY

(E-mail: a.gobetti@unibs.it)

\*Corresponding author

---

## ABSTRACT

Italy with an annual production of 20 million tons is the leading producer of electric arc furnace (EAF) steel in Europe. The geographical distribution of EAF steel producers is concentrated in Lombardy, therefore the macro sector of metallurgical industry is related to that of vulcanized rubber as it is located in the same geographical area. The aim of this work is to assess the influence of EAF slag as filler for nitrile butadiene rubber (NBR) in order to promote an alternative use of EAF slag by preventing its disposal. The processability characteristics of filled NBR are determined by the rheometric curves; the first results show that the presence of slag in NBR accelerates the crosslinking kinetics. The mechanical characterization, consisting of hardness and compression test and compression set, shows a stiffening of the material that could affect positively the gasket behavior in sealing system assembled both in load or in displacement control.

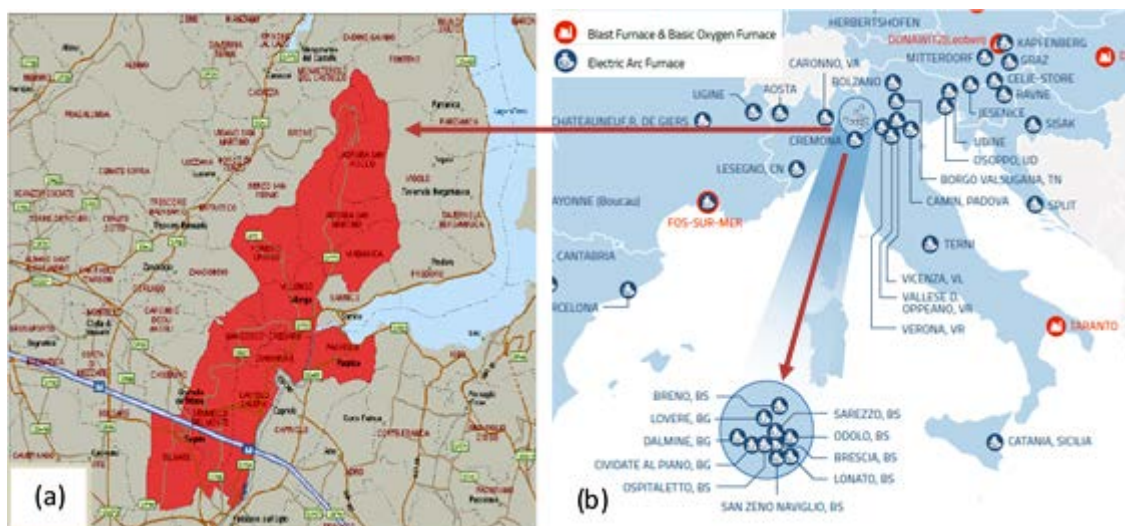
**Keywords:** EAF slag, filled rubber, Industrial Symbiosis, Metal industry, Rubber industry

## Introduction

In a world where demand and competition for finite and sometimes scarce resources will continue to increase, and pressure on resources is causing greater environmental degradation and fragility, Europe can benefit economically and environmentally from making better use of those resources. Moving towards a more circular economy is essential to deliver the resource efficiency agenda established under *The European Green Deal* [1]. Nevertheless, even in a highly circular economy there will remain some element of linearity as virgin resources are required and residual waste is disposed of. Industry already recognizes the strong business case for improving resource productivity. It is estimated that resource efficiency improvements all along the value chains could reduce material inputs needs by 17%-24% by 2030 [2] and a better use of resources could represent an overall savings potential of €630 billion per year for European industry [3]. Turning waste into a resource is part of 'closing the loop' in circular economy systems. The European Union has set out its political commitment to reduce waste generation, to recycle waste into a major, reliable source of raw materials



for the Union, to recover energy only from non-recyclable materials and to virtually eliminate landfilling. In this context of circular economy, the Industrial Symbiosis [4–6] is the process by which wastes, or by-products of an industry or industrial process become the raw materials for another. Application of this concept allows materials to be used in a more sustainable way and contributes to the creation of a circular economy. Through a territorial approach, industrial symbiosis involves traditionally separate industries in a business interaction process aimed at obtaining competitive advantages deriving from the transfer of resources (by-products or production waste) between two or more dissimilar industries, in which the resources being traded are not only material ones, but also energy and water [7]. In this context, the European metallurgical industry annually produces about 70 million tons of electric arc furnace (EAF) steel, where Italy is the leading European producer with an annual production of about 20 million tons. [8]. The main steel industry waste by-product is the metallurgical slag, whose production is functional to that of steel itself, and is estimated to be around 15%wt of the produced steel. The use of slag as raw material would allow an economic advantage for companies and the environment, reducing the problem of disposal and promoting the saving of natural resources. For a safe reuse of the slag it is necessary to guarantee its chemical inertia [9]. A problem is the possible release of heavy metals (i.e. Cr, V, Mo) into the environment. Due to its composition similar to that of volcanic rock, the slag is mainly used as a substitute for natural aggregates in civil engineering [10] specially in road surfaces [11–13], but unfortunately today a large amount is not reused. As highlighted in Figure 1, the geographical distribution of EAF steel plants are concentrated in Lombardy, therefore as the industrial symbiosis is implemented in limited geographical areas to avoid excessive transport costs. In addition, the macro sector of metallurgical industry is related to that of vulcanized rubber, located in the same geographical area as Sebino district that is the largest European manufacturer and supplier of gaskets. The aim of this work is to assess an innovative application of EAF slag as reinforcing filler for vulcanized rubber NBR, in order to prevent decreasing natural resource and increasing environmental degradation according to circular economy [8].



**Figure 1.** (a) Geographical distribution of rubber seal production sites; (b) Map of steel production in Italy

## Methods

**EAF slag production and characterization.** The slag was supplied by the ASO Siderurgica srl (Ospitaletto BS, Italy) steelmaking plant, which produces special-grade steels. The slag employed in this research has been produced by a specific system named Slag-Rec [5,6] for dry granulating EAF molten slag. EAF slag chemical composition is determined by X-ray fluorescence spectroscopy carried out by the Thermo Scientific™ ARL™ PERFORM'X provided by Thermo Fisher Scientific. EAF slag leaching rate is determined by the leaching test according to the standard UNI EN 12457-2[9].

**Compound EAF slag/NBR production and characterization:** The influence of 30%V/V EAF slag as reinforcing filler for NBR has been assessed on a standard NBR (carbon black 40 phr, vulcanized with Sulfur). The compounding process has been performed to disperse the filler particles (previously grinded in a size less than 106  $\mu\text{m}$ ) in the standard NBR matrix. The calendaring process consists in forcing rubber and slag between two rotating cylinders (diameter of 150mm) 1mm apart at room temperature. The compound is then vulcanized by compression molding process for 15minutes at 180 °C.

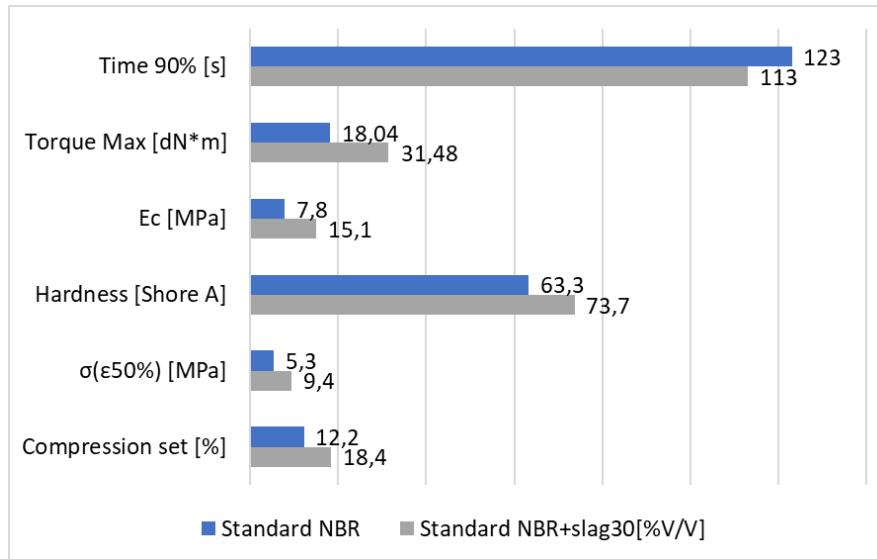
The obtained compound has been mechanically characterized and its results have been compared to that of standard NBR. Moreover, the processability characteristics have been evaluated by the rheometric curve. The rheometric curve is determined by a moving die rheometer, provided by Gibitre Instruments, RHEO CHECK PROFILE for a test time of 3 minutes at 177 °C with an oscillating amplitude of 0.5 deg. Hardness is determined in Shore A scale according to the standard ISO 7619-1.

The compression set is determined by imposing a compression deformation of 25% on cylindrical samples (diameter 12mm, high 6mm) for 24h at 100 °C.

Compression tests were performed by an Instron dynamometer (mod. 3366) at room temperature and at a cross-head rate of 100 mm/min on cylindrical test samples of nominal diameter 12mm and high 6mm.

## Results

EAF slag chemical composition determined by the X-Ray Fluorescence Spectroscopy consists principally of 40% iron oxides (haematite), 30% calcium oxide, 10% silicon dioxide and other minor oxides in smaller quantities. The leaching rate of heavy metals such as Mo, Cr, and V is regulated by ministerial decrees. Ministerial Decree 5/2/98 imposes the release limit of V at 0.25mg/l and Cr at 0.50mg / l for slag reuse, while Ministerial Decree 3/8/05 imposes the release limit of Cr and Mo at 0.05mg/l for landfill disposal. The rheometric curve shows the trend of the torque required to maintain the 0.5 deg. oscillation while the sample cures and provides indications regarding the processability characteristics of the tested materials. The Figure 2 shows the influence of EAF slag as filler in standard NBR. The presence of slag in reduces the time necessary for the vulcanization to be 90% complete (time 90%). This means the presence of slag as filler accelerates the crosslinking kinetics. The torque needed to maintain the imposed oscillation at complete vulcanization (maximum torque) is higher for NBR filled EAF slag, this means the filler makes the compound stiffer. The compound hardening is clearly appreciable by compressive Young modulus ( $E_c$ ) determined as slope of the linear section at very low strain that increases of about 90%. The compressive test results show that filled NBR offers greater resistance to deformation compared to standard NBR, and this is noticeable in the value of stress at 50% of compressive strain ( $\sigma(\epsilon 50\%)$ ). Similarly, hardness value of filled NBR is higher than that of standard NBR of about 10 Shore A points. The compression set results show that the presence of filler reduces the material's ability to recover an imposed deformation. The compression set of standard NBR is about 12%, while that of NBR filled EAF slag is about 18%. This is a good result due to an acceptable compression set is considered to be about 20%.

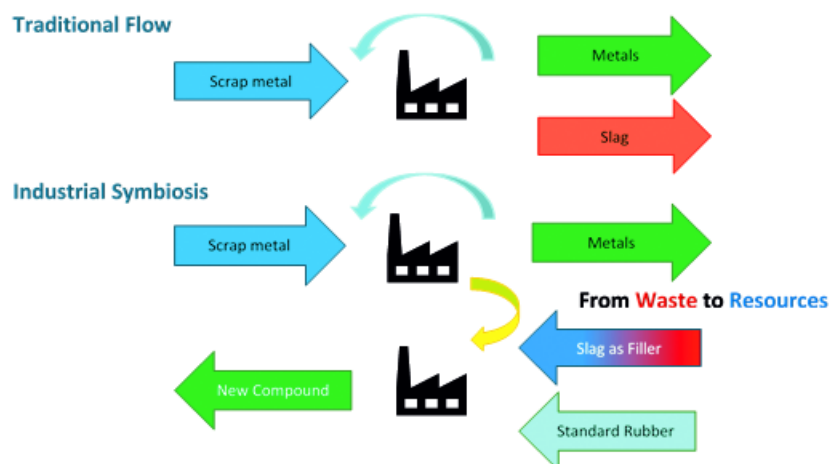


**Figure 2.** Standard NBR and compound NBR+30%slag V/V comparison

### Discussion and Conclusion

The aim of this work is to characterize an innovative compound in vulcanized rubber NBR filled EAF slag in order to pave the way to a new EAF slag application economically and environmentally convenient. The results of this preliminary characterization are encouraging both from the point of view of compound production process and from the point of view of mechanical properties.

The marketing of a new compound with EAF slag as a filler for vulcanized rubber would allow the implementation of the industrial symbiosis model: slag as the major waste (output) of metallurgical industries becomes raw material (input) for rubber sector (Figure 3).



**Figure 3.** Model of Industrial Symbiosis between metal sector and rubber sector in Lombardy

## Acknowledgements

The authors thank ASONEXT SpA and Novotema SpA for their collaboration in carrying out the experiments.

## References

1. European Commission European Commission (2019). Communication from the commission to the european parliament, the european council, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions The European Green Deal. COM/2019/640 final. Brussels.
2. Meyer B. (2012). Macroeconomic modelling of sustainable development and the links between the economy and the environment.
3. Greenovate! Europe (2012). Guide to resource efficiency in manufacturing. Eur INNOVA 32.
4. Cutaia L, Barberio G, La Monica M, et al (2015) .The experience of the first industrial symbiosis platform in Italy. *Eng Manag J* 14 (7):1521-1533.
5. Cutaia L, Scagliarino C, Mencherini U, La Monica M (2016). Project green symbiosis 2014 - II phase: results from an industrial symbiosis pilot project in Emilia Romagna region (Italy). *Environ Eng Manag J* 15(9):1949–1961.
6. Ayres RU (1989). Industrial metabolism and global change. *Int. Soc. Sci. J.*
7. Renner GT (1947). *Geography of Industrial Localization*. *Econ Geogr.*
8. Eurofer (2019). *European steel in Figures 2020*.
9. CEN (2002). EN 12457-2:2002.Characterisation of waste - Leaching - Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges.
10. Lim JW, Chew LH, Choong TSY, et al (2016). Overview of Steel Slag Application and Utilization. In: *MATEC Web of Conferences*.
11. Algermissen D, Ehrenberg A (2018). Possibilities of eaf slag usage in cement production. *Chernye Met* 21–27.
12. Vaiana R, Balzano F, Luele T, Gallelli V (2019). Microtexture performance of EAF slags used as aggregate in asphalt mixes: A comparative study with surface properties of natural stones. *Appl Sci* 9.
13. Santamaría A, Ortega-López V, Skaf M, et al (2020). The study of properties and behavior of self compacting concrete containing Electric Arc Furnace Slag (EAFS) as aggregate. *Ain Shams Eng J* 11:231–243.
14. Cornacchia G, Agnelli S, Gelfi M, et al (2015). Reuse of EAF Slag as Reinforcing Filler for Polypropylene Matrix Composites. *Jom* 67:1370–1378.
15. Roberti R, Uberto F, Svanera M, et al The SLAG-REC<sup>®</sup> project for an innovative direct dry granulation of EAF slag (2010).

# EVALUATION OF THE SUSTAINABILITY OF NUTRACEUTICALS STARTING FROM RESIDUAL BIOMASSES IN THE LOGIC OF BIOREFINERIES AND CIRCULAR BIOECONOMY

Luca Mastella<sup>1\*</sup>, Vittorio G. Senatore<sup>1</sup>, Massimo Labra<sup>1</sup>, Tiziana Beltrani<sup>2</sup>, Paola Branduardi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Milano Bicocca, Department of Biotechnology and Biosciences,  
Piazza della Scienza, 2, 20126, Milan, Italy

<sup>2</sup>Laboratory for Resources Valorization (RISE), Department for Sustainability, ENEA-Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, Italy

[E-mail: l.mastella@campus.unimib.it](mailto:l.mastella@campus.unimib.it)

\*Corresponding author

---

## ABSTRACT

The global folate market is expected to register a CAGR of 5.3% from 2019 to 2024 and reach 1.02 billion USD by the end of 2024. Folate, also known as folic acid, is a B-complex vitamin currently mainly produced by chemical synthesis in the form of folic acid, which is suboptimal in terms of bioactivity and bioavailability. It is therefore desirable to develop novel strategies towards replacing chemical production of folate from fossil sources with more sustainable processes using residues from the agricultural industry. The fundamental principle is the sharing of resources (materials, energy, water, and by-products) between traditionally separated industries to create mutual benefits, as they can achieve economic, environmental, and social advantages. In this context, biobased microbial processes are playing a relevant role: residual biomasses can be used as feedstock to be transformed into platforms and finally products of different values and volumes. The present work aims at the valorisation of residual agricultural biomasses into nutraceuticals, following the logic of cascading. The main goal of this study is the biotechnological production of folates through tailored microbial cell factories.

**Keywords:** *Industrial symbiosis, Biorefinery, Schefferomyces stipitis, Vitamin B9, Residual biomasses*

## Introduction

The term folate encompasses all the different natural forms of the water-soluble B<sub>9</sub> vitamin and folic acid (FA). FA, the most oxidized form currently used in supplements, is mainly produced by chemical synthesis. Folates share a common structure consisting in a pteridine ring linked to a molecule of *para*-aminobenzoic acid (pABA) by a methylene bridge, and a single unit or a chain of glutamyl residues.

Folate is an essential nutrient in the human diet, being a central cofactor of many metabolic reactions required for biosynthetic and cellular processes, such as DNA, RNA, and protein synthesis [1]. Due to its central role in human primary metabolism, folate deficiency leads to several detrimental physiological disorders, most notably anemia and neural tube defects in newborns [2], and mental disorders such as psychiatric syndromes among the elderly and decreased cognitive performance [3]. During the last few years, folates have drawn much attention because of the many proposed benefits on health when increasing the daily intake. As prescribed by the National Institutes of Health (NIH), in the USA the recommended dietary allowance (RDA) for folates in adults is 400  $\mu\text{g}$  dietary folate equivalents (DFE), whereas the folate RDA in the European Union is 240  $\mu\text{g}$  DFE [4]; a higher intake (600–1000  $\mu\text{g}$  DFE) is advised for pregnant women [5].

At present, FA is industrially produced through chemical synthesis; unlike other vitamins, microbial production of folate on industrial scale is not yet exploited. Yeasts, in particular, have shown to be highly active in folate synthesis, yielding unusually high levels per biomass [6]. Improvements on the development of microbial hosts able to exploit residual biomasses could make the overall process more sustainable, compared to the chemical synthesis. Nevertheless, at the best of our knowledge there are no reports on microbial production of folates starting from residual biomasses. Moving towards a more circular economy is essential to deliver the resource efficiency agenda established under The European Green Deal [7]. Nevertheless, even in a highly circular economy there will remain some element of linearity as virgin resources are required and residual waste is disposed of.

According to that, this study was carried out within a circular economy frame, based on the possibility of developing an industrial symbiosis. Indeed, industrial symbiosis generates a virtuous interaction between companies and the territory where they are operative, therefore simultaneously promoting competitiveness, innovation, employment and protecting ecosystems and biodiversity.

This study will lay foundation for the establishment of a biorefinery integrated in the territory, exploiting the main local agricultural wastes to produce nutraceutical molecules by taking advantage of microbial cell factories. In particular, as case study we evaluated folate production starting from two different residual biomasses, sugar beet pulp (SBP) and sugar beet molasses (SBM), exploiting *Scheffersomyces stipitis*, a non-Saccharomyces yeast naturally able to metabolize C5 and C6 sugars and produce vitamin B9.

## Methods

*Yeast strain and growth conditions:* *Scheffersomyces stipitis* (C556054) parental strain, used in this study, was grown in 100 mL shake flasks at 30 °C and 160 rpm, with a flask volume: medium ratio of 2.5:1. Hydrolysed SBP 3% (see next paragraph for details on the preparation) and SBM 1:16 were used as growth media in this study. Cells were inoculated at an initial optical density (OD) of 0.05 and 0.0005 in SBP and SBM respectively; growth was monitored spectrophotometrically (UV-1800; Shimadzu, Kyoto, Japan) at 660 nm. Folate production was evaluated indirectly by a microbiological assay exploiting *Lactobacillus rhamnosus* as the test microorganism [8], as described in the dedicated section below. The same protocol was used for the evaluation of the total folates, as described below. The main metabolites present in the medium were determined at each time point by HPLC analysis.

*Folate microbiological assay:* The extracellular or intracellular amounts of free folates (folate forms harboring at maximum three glutamyl units) produced by the yeast strain were determined indirectly by a microbiological assay, using *L. rhamnosus* (NRRL culture collection, strain B-442) as the test microorganism. This bacterium is able to grow proportionally to the initial concentration of folic acid present in the medium: this allows to build a calibration curve that correlates the final OD reached by *L. rhamnosus* to the concentration of folates in the samples [8]. The microbiological assay was performed in 96-well microtiter plates, following a protocol adapted from Sybesma and colleagues [9]. The wells were filled by adding: 100 µL of twofold-concentrated Folic Acid Casei Medium (FACM), 100 µL of an unknown or of a reference sample in 0.1 M potassium phosphate buffer (pH 6.4) containing 1% (w/v) ascorbic acid, and 20 µL of the *L. rhamnosus* inoculum. The plates were incubated at 37 °C and the turbidity was measured after 18 hours (T 18 h) from the inoculum of *L. rhamnosus* using a multiscan spectrophotometer set at 595 nm (VICTOR™ X3, PerkinElmer). Control wells were inoculated without *L. rhamnosus* to check the absorbance of the FACM medium, later subtracted from the absorbance of the samples. The analysis of the total folate concentration (including forms with long chains of poly-glutamates) was performed after enzymatic deconjugation of the folate samples with rat serum (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) as source for  $\gamma$ -glutamyl hydrolase activity. The purified rat serum was added to the folate samples at the final concentration of 20% (v/v). After 3 hours of incubation at 37 °C, the enzyme was inactivated by heating for 5 min at 100 °C. Samples were cooled down and after centrifugation at 14000 rpm for 20 min at 4 °C the supernatant was collected and used for the microbiological assay, as described above.

*Raw materials and preparation treatment:* Sugar beet pulp (SBP) and sugar beet molasses (SBM) were provided by Cooperativa Produttori Bieticoli (CoProB), Minerbio



(BO, Italy). The total solid content in the fresh SBP was 26%. SBP was stored at -20 °C and thawed prior to use. SBP was mixed with distilled water at the concentration of 250 g/L (65.5 g/L dry weight) and pre-treated in a lab-scale autoclave at 121 °C for 20 min at a pressure of 1.2 bar. After sterilization, excess water was removed, and the experimental enzyme mixture NS22-201 (50 µl/g dry weight), kindly provided by Novozymes, was added, together with sodium citrate 100 mM pH 5.5 at TS loading ranging from 10 to 70 g/L dry weight. The reactions were carried out in Erlenmeyer flasks in an orbital shaker at 50 °C and 160 rpm for 72 hours. The samples were centrifuged at 10000 rpm for 10 minutes and the supernatants were recovered and stored at 4 °C. SBM contained about 800 g/L of sucrose and appeared as a dense, dark brown liquid. It was stored at 4 °C and diluted 1:4 (v<sup>-1</sup>) with distilled water before the sterilization in autoclave.

*Sugars and acids determination:* Samples collected at time zero and at different time points were centrifuged at 14000 rpm for 10 min at 4 °C. The concentrations of the main metabolites were determined with HPLC using a Rezex ROA - Organic Acid H + (8 %) (Phenomenex). The eluent was 0.01 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pumped at 0.5 mL min<sup>-1</sup> and column temperature was 40 °C. Separated components were detected by a refractive-index detector and peaks were identified by comparison with known standards (Sigma Aldrich, St Louis, MO, USA).

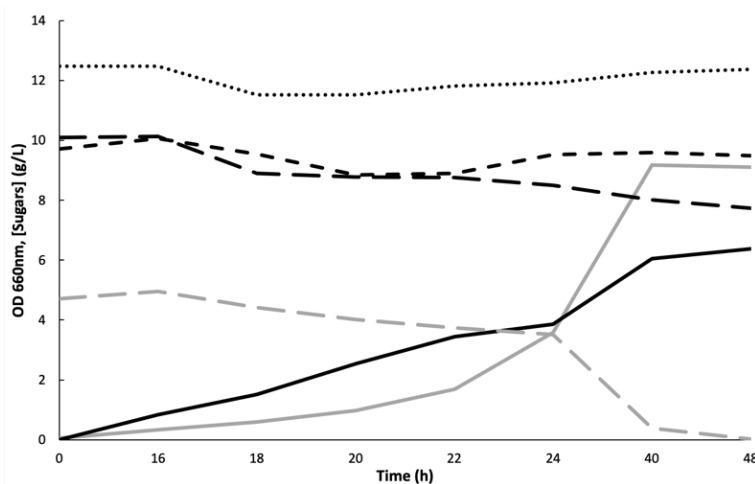
*Statistical analysis:* All statistical analyses, where P-values are indicated, were performed using a two-tails, unpaired, heteroscedastic Student's t-test.

*Industrial symbiosis for the cross-sectorial valorization of the residual agricultural biomasses into nutraceuticals:* In this study will create a symbiosis network with the idea of the active participation of both SMEs and local stakeholders in the Lombardia region. The identification of the resources available in the local region for their potential enhancement will be done using the ENEA methodology [10, 11].

## Results and discussion

*Evaluation of *S. stipitis* growth in pre-treated residual biomasses:* This study was carried out in a view of circular economy based on the possibility of developing industrial symbiosis; we aim to demonstrate the use of a microbial cell factory, *S. stipitis* in this particular case, to valorize agricultural wastes by producing higher added-value molecules, in this case natural forms of vitamin B<sub>9</sub>. This preliminary work aimed at testing folate production of *S. stipitis* in the most limiting conditions, that is directly using raw biomasses as culture media, trying to add at most small quantities of limiting nutrients, such as nitrogen. Sugar beet pulp and sugar beet molasses were selected, as residual biomass case studies, and used as feedstock (see Materials and methods) to

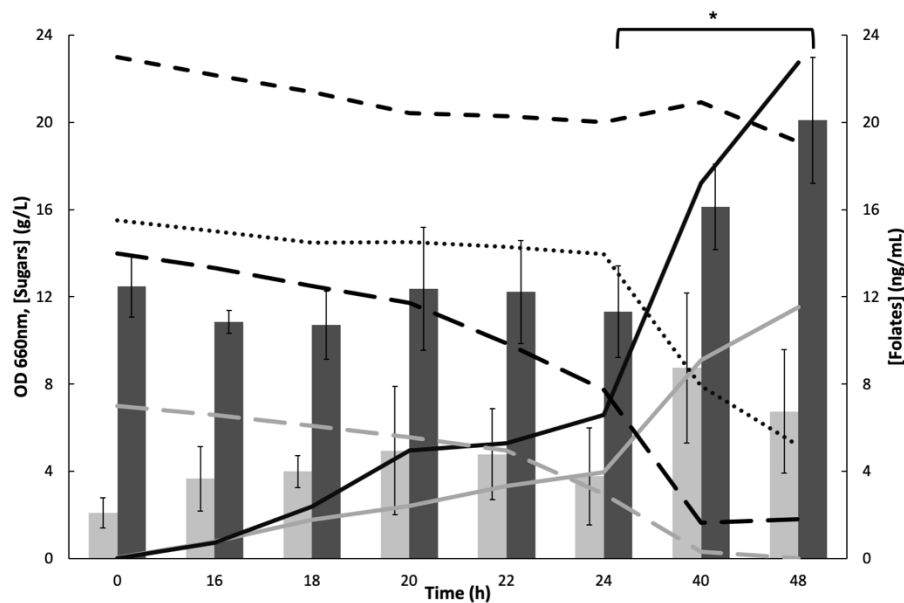
evaluate the growth of *S. stipitis*. As described before, after the preparation of the two biomasses, we obtained a stock of SBP 10% and SBM 1:4. Uppermost, we evaluated the growth of the selected yeast on different titles of SBP (10%, 8%, 6%, 5%, 4% 3%) and SBM (1:4, 1:8, 1:16, 1:20, 1:32), and we saw that the best media for the growth were SBP 3% and SBM 1:16 (data not shown). In light of this observation, we evaluated the consumption of sugars over time and the relative growth in the two selected media. As shown in Figure 1, cellular OD on SBP 3% increased up to the stationary phase (grey line) and, accordingly, all the glucose in the medium (grey dashed line) was consumed for the growth. These results suggest that SBP 3% already contains all the micronutrients required for the growth of *S. stipitis*. We did not observe the same on SBM 1:16: even if there is an increase in the OD (Figure 1, black line), the microorganism was able to degrade only ~1 g/L of glucose (Figure 1, black long-dashed line) and no fructose (Figure 1, black dotted line) and sucrose (Figure 1, black short-dashed line) consumption was observed. These results led us to think that some key microelements for yeast growth are missing in the medium; with respect to synthetic and rich media generally used to grow *S. stipitis*, SBM was particularly poor in nitrogen. So, we decided to optimize the growth on SBM 1:16 by adding ammonium sulfate (2 g/L, 5 g/L, 10 g/L), or potassium phosphate monobasic (6 g/L) and magnesium sulfate heptahydrate (1 g/L), or the combination of both. Unexpectedly, magnesium and potassium salts are the limiting factors, while the tested ammonium salt concentrations did not affect growth, and in some cases even reduced it (data not shown). The highest growth was achieved with potassium phosphate monobasic (6 g/L) and magnesium sulfate heptahydrate (1 g/L), so this medium was selected for further analyses.



**Figure 1.** Growth kinetics by *Scheffersomyces stipitis* in sugar beet pulp (SBP) (grey line) and sugar beet molasses (SBM) (black line). Glucose consumptions are reported with the long-dashed lines, fructose consumption is reported with the dotted line, while sucrose consumption with the short-dashed line.

Values are mean of three independent experiments

*Folate production in optimized media:* *S. stipitis* strain was grown in SBP 3% and in optimized SBM 1:16 ( $K_3PO_4$  6 g/L and  $MgSO_4$  1 g/L). Sugars consumption, cellular OD and free extracellular folates accumulation were evaluated over time; the quantification of free folates was obtained with a microbiological assay (see Materials and methods). Extracellular free folates were analyzed first, to observe in which growth phase the titer was higher. Figure 2 shows that the highest extracellular free folates production was achieved after 48h from the inoculum, in both SBP and SBM media, obtaining  $4.65 \pm 2,83$  ng/mL and  $7.62 \pm 2,89$  ng/mL of free folates, respectively. C5 sugars in SPB 3% were not considered in this study because the concentration was too low. Strategies for the future may consider improving *S. stipitis* growth on higher concentration of SBP in order to allow also the consumption of C5 sugars. It is important to observe that in the optimized SBM medium *S. stipitis* was able to consume both glucose and fructose, while it did not in the non-optimized SBM, thus proving that magnesium and potassium salts were the limiting growth factors. No significant sucrose consumption was observed, so this is an aspect to keep in mind for future developments.

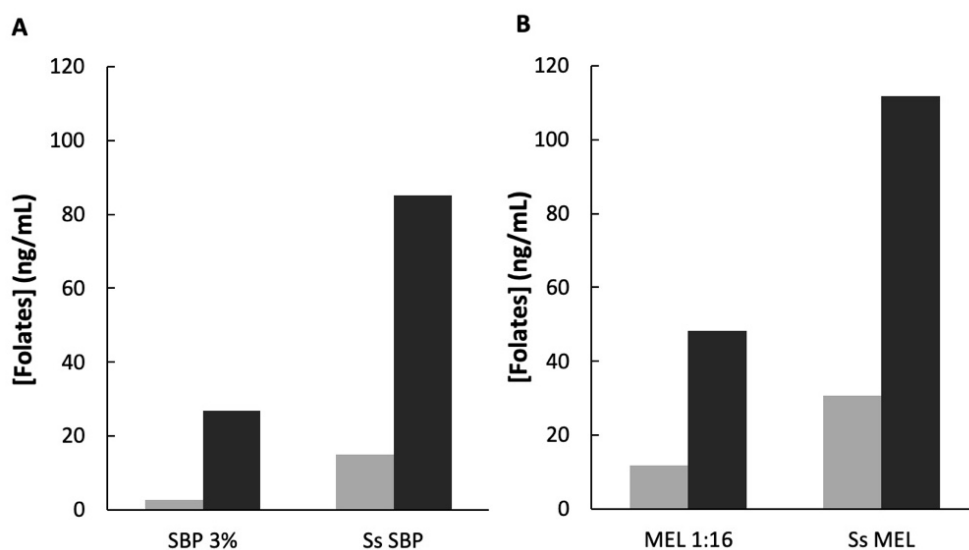


**Figure 2:** Extracellular free folates production over time on SBP (grey bars) and SBM (black bars). Growth kinetics of *S. stipitis* in SBP (grey line) and SBM (black line). Glucose consumptions are reported with the long-dashed lines, fructose consumption is reported with the dotted line, while sucrose consumption with short-dashed line. Values are mean of three independent experiments. \*  $p \leq 0.05$

*Characterization of free and poly-glutamate folates produced by S. stipites:* Considering the results obtained before, we decided to evaluate the total free and poly-glutamate folates production at 48h of growth from the inoculum. Figure 3 shows the production

of total free folates (grey bars) and of poly-glutamate folates (black bars); panel A shows the results obtained on SBP, while panel B shows the productions on the optimized SBM.

In particular, the highest folate production was observed in optimized SBM, reaching a title of  $111.7 \pm 3.5$  ng/mL and  $30.8 \pm 0.9$  ng/mL of poly-glutamate and free folates, respectively. These results provide a solid starting point for a future industrial-scale production. Indeed, we showed that *S. stipitis* is able to grow on two different residual biomasses, with a diverse content in sugars; moreover, while growing on these substrates, *S. stipitis* is also able to produce interesting amounts of folates.



**Figure 3.** A Total free folates production (grey bars) and total polyglutamate folate accumulation (black bars) at 48h of growth on SBP. B Total free folates production (grey bars) and total polyglutamate folate accumulation (black bars) at 48h of growth on SBM. Values are mean of three independent experiments

## Conclusion

Circular economy represents a radical paradigm shift from the linear economy model, within which new sustainable business models can be developed, in order to increase the potential for closed-loop productive systems and for the efficient use of resources within the territory. Industrial symbiosis, i.e. the transfer and sharing of resources (raw materials, water, waste, scraps, services, skills, tools, databases) among companies and/or other local operators, is an operational circular economy strategy. Biorefineries can be defined as the combined strategies and techniques aimed at the valorization of renewable biomasses, more and more through the exploitation of cell factories or enzymes.

In this work we present a possible valorization of the leftover from sugar beets, namely SBP and SBM. Being nutraceuticals commercially attractive, we aimed at the production

of vitamin B9 exploiting the yeast *S. stipitis*, a natural producer of folates. Next steps will be the optimization of media composition, intended to valorize all the macromolecular components and to balance for limiting components, possibly through the valorization of other organic residues.

This work lays the foundation for the development of future bioprocesses based on agricultural wastes, in view of the creation of industrial symbioses in the context of circular economy.

## References

1. Crider, K.S., et al. (2012), Folate and DNA methylation: a review of molecular mechanisms and the evidence for folate's role. *Adv Nutr.*, 3(1): p. 21-38.
2. Lucock, M. (2000), Folic acid: nutritional biochemistry, molecular biology, and role in disease processes. *Molecular genetics and metabolism*, 71(1-2): p. 121-138.
3. Hultberg, B., et al. (2001), Markers for the functional availability of cobalamin/folate and their association with neuropsychiatric symptoms in the elderly. *International journal of geriatric psychiatry*, 16(9): p. 873-878.
4. Efsa, N., Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies), (2014). Scientific Opinion on the essential composition of infant and follow-on formulae. *EFSA Journal*, 12(7): p. 3760.
5. Strobbe, S. and D. Van Der Straeten (2017), Folate biofortification in food crops. *Curr Opin Biotechnol*, 44: p. 202-211.
6. Witthöft, C.M., et al. (1999), Folates-food sources, analyses, retention and bioavailability. *Näringsforskning*, 43(1): p. 138-146.
7. European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the European council, the european economic and social committee and the committee of the regions. The European Green Deal COM/2019/640 final.
8. Horne, D.W. and D. Patterson (1988) *Lactobacillus casei* microbiological assay of folic acid derivatives in 96-well microtiter plates. *Clin Chem*, 34(11): p. 2357-9.
9. Sybesma, W., et al. (2003), Effects of cultivation conditions on folate production by lactic acid bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, 69(8): p. 4542-4548.
10. Cutaia, L., et al.(2015) , The experince of the first industrial symbiosis platform in Italy. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 14(7).
11. Luciano, A., et al. (2016), Potential improvement of the methodology for industrial symbiosis implementation at regional scale. *Waste and biomass valorization*, 7(4): p. 1007-1015.

# A SYMBIOTIC APPROACH FOR SUSTAINABLE WASTE, WASTEWATER AND RESIDUAL BIOMASS MANAGEMENT

Giuseppe Mancini<sup>1\*</sup>, Antonella Luciano<sup>2</sup>, Laura Cutaia<sup>2</sup>, Maria Claudia Lucchetti<sup>3</sup>, Debora Fino<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup> *Department of Electrical Electronic and Computer Engineering, University of Catania, Italy.*

<sup>2</sup> *Laboratory for Resources Valorization (RISE), Department for Sustainability, ENEA-Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, Italy*

<sup>3</sup> *Department of business economics, University of Roma Tre, Italy*

<sup>4</sup> *Department of Applied Science and Technology (DISAT), Polytechnic of Turin, Turin, Italy*

[\(giuseppe.mancini@unict.it\)](mailto:giuseppe.mancini@unict.it)

\*Corresponding author

---

## ABSTRACT

Currently, most of the communities in South Mediterranean regions, including large Islands show a common unsustainable approach in the field of waste, wastewater and residual biomass management which severely affect the related energy demand and impacts on the environment and economic activities. The main objective of this work is to change this prospective through a holistic-symbiotic approach involving the overall management of problematic organic residues (mechanically separated organic waste fractions, municipal WWTP sludge, farms residues, food-industry residues), that are still underutilized or totally unexploited in these regions, while avoiding their high-CO<sub>2</sub>-emissions current management. The proposed model aims at proposing a bio-refinery approach integrating, through the industrial symbiosis perspective, three main plants: 1) the existing wastewater treatment plant, 2) an enhanced anaerobic digestion plant for the contextual treatment of OFMSW and sludge, 3) a plant for the energy recovery (electricity but also heat) of residual waste and scraps from selection.

**Keywords:** *Industrial Symbiosis; Waste; Wastewater reuse; Anaerobic digestion, Energy, recovery, sludge*

## Introduction

Many Mediterranean regions continue to have disjointed and unsustainable approaches to the management of waste, wastewater and residual biomass, which influence their energy consumption and still have serious impacts on the environment. Some of these areas also suffer from a historic water shortage, the effects of which are progressively intensifying as a result of the ongoing climate change.

Italy has made fundamental steps towards circular economy, being now a leader among the EU countries; but the fair average recycling results, with which the country is represented abroad, continue to hide a serious inequality between what is more than efficient in the North and what is substantially absent in the South. This distance manifests itself both in terms of recovery and recycling plants as well as of effective strategies for the recovery of industrial waste and residues (e.g. in the agri-food and construction industries) [1].

In a scenario characterized - especially in large metropolitan areas - by a still ineffective separate collection, most of the municipal solid waste produced by the millions of inhabitants of these South regions is still disposed of in landfills, directly or after a costly and scarcely useful mechanical biological treatment (MBT) of undifferentiated waste which does not allow a significant recovery of material but rather mainly serves to justify subsequent disposal in landfill [2].

The effect of such waste management practices continue to reinforce a strong and often insurmountable aversion of local communities to the construction of new waste treatment plants. Although this hostility is actually linked more to the fear of unpleasant odours [3, 4] and of a reduction in property values than to concrete health risks, it still represents an undoubted obstacle for those decision makers who wish to propose waste management plans aimed at truly closing the circle, leaving the landfill a finally residual role.

To add to this, the diffusion through social media of baseless, instrumental and imprudently unopposed misinformation are creating, in the unarmed populations of these regions, a sort of "comfortable" hysteresis towards exasperated solutions of circular economy. Under the impetus of a small part of ideologized environmentalism, whose recipe is focused on "nearly" 100% separate collection and (small) composting plants as the only ecological strategy, waste management plans in these regions are now focusing dangerously on reaching consensus rather and on a true sustainable approach to integrated waste management.

Contrary to what happens in other rapidly expanding areas of the planet [5], this dislike to new waste treatment plants finds its maximum expression towards waste to energy plants (WtE) and it is often difficult, if not impossible in southern Europe, to build new or simply upgrade existing WtE plants due to the strong opposition of the population "driven" by local and trivial interests in the most total myopia (ideologized or not) of the political class and under the most unmotivated of the beliefs that recovery of matter and energy are conflicting and not synergistic.

And so it continues to be said that these plants pollute - without comparing how much the alternative plants pollute in managing the same waste [6]. It is also stated that no "enough" energy is recovered - without ever taking pains to quantify it and compare it with the saving of other resources. Finally, it is stated (equally falsely) that it would take ten years or more to build a new WtE plant - and therefore "it would" make little sense to start - but in the same ten years it is allowed to authorize continuous expansions of landfills according to a thirty-years history that prospectively and even more unsustainably will find the only and worst alternative in the transport of residual waste outside the region. Solution accomplishing the traditional xenophilic dependence of these regions that, as usual, will economically benefit other states and regions at the expense of the inhabitants of these territories but also of the environment as a whole.

Many of these regions also suffer from severe water shortages, a condition that is continually aggravated by climate change. Therefore, the availability of marginal water resources should be considered crucial to meet the future demand for water for agriculture [7] as indeed widely discussed during the Paris Climate Conference in 2015. But the high costs of wastewater treatment to obtain the (excessive) quality of the water required for reuse in agriculture still makes the cost of this unconventional resource absolutely out of market compared to traditional water resources [8]. Added to this is a widespread condition that sees, in these regions, many wastewater treatment plants suffer from serious problems related to the treatment and disposal of the sludge produced, with landfills often reluctant to accept sludge that has not been adequately stabilized and dehydrated. Condition to which it overlaps and will increasingly overlap the drastic reduction of the possibilities of direct or indirect use (through composting) of sludge in agriculture due to the potential harmful effects on the soil and on the food chain.

## Methods

In many of the large metropolitan areas of southern Italy - but also southern Europe - it is still possible to promote a new eco-systemic model of integrated management that can drastically increase the overall circularity and sustainability in these areas through the exploitation of the "waste-wastewater-energy nexus" [7, 8, 9, 10, 11].

The investigated model - based on industrial symbiosis - aims at integrating: 1) the existing wastewater treatment plant, 2) an enhanced anaerobic digestion plant for the contextual (not necessarily joint) treatment of OFMSW and sludge, 3) a new WtE with production of electricity and heat so to recovery the energy value of the residual waste and scraps from selection. The symbiotic exchanges between the three systems, that



have been deeply analysed through mass and energy balances [12], if well designed [13, 14] are relevant and allows a formidable energy optimization while maximizing the material recovery [15, 16, 17, 18].

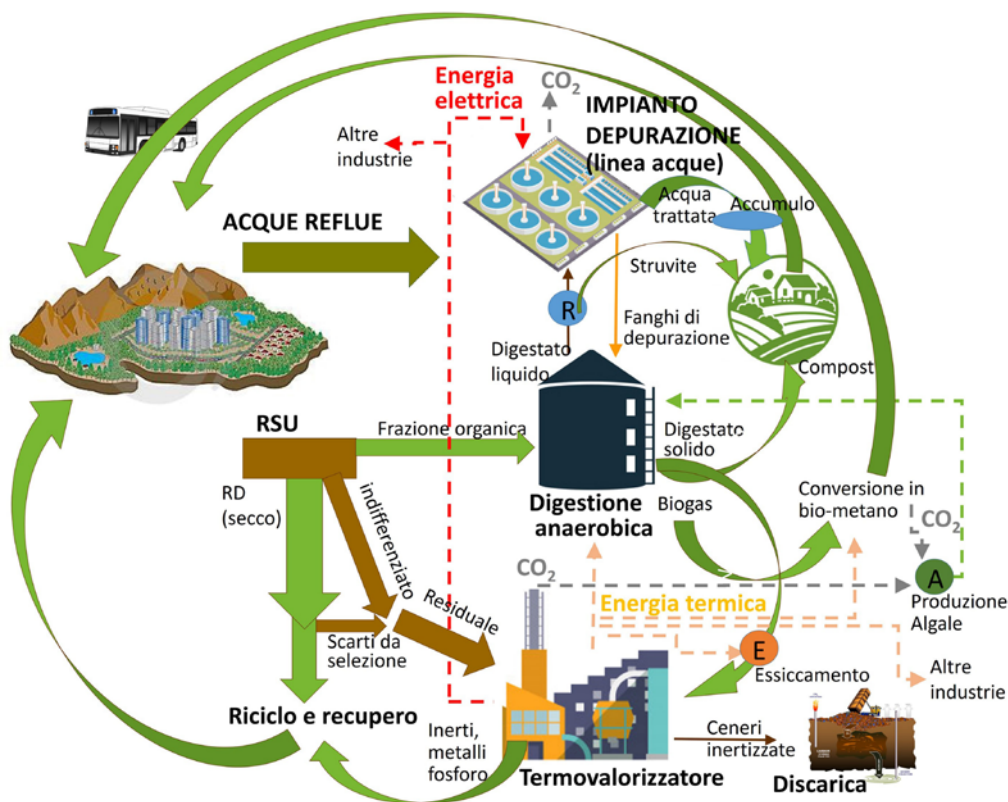
## Results

The proposed integrated model has numerous advantages as shown in Figure 1:

1. The energy content of the OFMSW is recovered, leaving only the residual maturation phase to the most expensive composting with an advantage in terms of direct and indirect CO<sub>2</sub> emissions (saving electricity in the aerobic phase) in the production of quality compost.
2. Part of the heat generated by the WtE process - appropriately commensurate, through a well-dimensioned management of steam tapping - can also be used in hot climates to conduct digestion in the thermophilic phase and therefore reduce digestion times and volumes by increasing the biogas production yield with an advantage that affects also higher efficiency in the digestion of sludge compared to more traditional mesophilic processes.
3. The biogas thus produced can be totally converted into biomethane (instead of partially using it in cogeneration systems to heat the digester) thus maximizing any incentives.
4. Part of the heat from the WtE plant can be used in the process of converting biogas into biomethane, reducing its production costs. Its increased use in public transport can further reduce GHG emissions.
5. The supernatant of both OFMSW and sludge digestion can be used to recover phosphorus (struvite) and polyhydroxyalkanoates (PHA).
6. Part of the heat from the WtE plant can be used to pre-dry the mechanically dehydrated sewage sludge with a view to its energy recovery, possibly in a dedicated line of the WtE plant itself, which can also collect contributions from other smaller nearby plants, to ensure recovery of phosphorus from the ashes and eliminate the problem of sludge final disposal.
7. Part of the heat from the WtE plant can be used to pre-dry additional biomass from the agricultural sector before its energy recovery in the same WtE plant, again reducing disposal problems;
8. Part of the heat from the WtE plant can be used to support any companies (existing or wishing to enter the industrial district) by exploiting the residual heat at advantageous conditions for their processes (e.g. agri-food process industry), in

addition to any heating and cooling needs, in a full perspective of industrial symbiosis and with a consequent reduction in CO<sub>2</sub> emissions.

9. The electricity produced can be partially used (a few percentage units) to support the tertiary treatment and pumping phase of the treated wastewater to agricultural areas in order to make the cost of treated wastewater competitive to conventional resources, guaranteeing its reuse from a perspective market and thus avoiding that the concentrated load is discharged into water bodies with the related impacts, especially in islands and coastal areas.
10. An additional part of the electricity produced by the plant could be used to support the entire wastewater treatment process with a view to industrial symbiosis. The oxidation phase in the water line should in any case be carried out as a classic high-load scheme to minimize energy consumption, taking into account the subsequent reuse also through containment of nitrification. The efficiency on the abatement of the organic fraction could be better achieved through tertiary systems with self-cleaning filters (coupled to UV for disinfection) which have low energy costs and excellent efficiencies. It is essential to couple an appropriately sized and managed water storage system that, in addition to ensuring a better final quality of the final irrigation effluent [19, 20], allows its full use throughout the year and not only in the irrigation season, avoiding its continuous discharge so achieving the “ZERO discharge plant” condition.
11. The residual fraction and non-recyclable waste are reduced in volume (about 10%) by reducing the need for landfills and the consequent impacts.
12. The reduction of waste to be disposed of in landfills could be further limited to inertized fly ash only (about 2% of the total waste, in full compliance with the European directives that set the limit of 10% for 2035) thanks to bottom ash recovery processes, increasingly consolidated, which could allow to increase the overall recovery of material (additional 10-15% of the gross waste production) - through certified products – so to considerably increase the circularity of the entire system.
13. A part of the CO<sub>2</sub> produced by the conversion process into biomethane and / or contained in the fumes of the WtE plant could be converted into algal biomass to be used for products with high added value and / or for energy conversion through the same anaerobic digestion.



**Figure 1.** *The Waste-Wastewater-Energy Nexus through Industrial Symbiosis*

### Discussion and conclusion

It is currently difficult for stakeholders in many areas around the world to propose the construction of a WtE plant, and landfill is expected to continue to be the predominant disposal route for a significant amount of residual waste along with a zero waste illusion that will leave a huge environmental burden on future generations. Although, however, it is now practically impossible to build WtE plants in the centre of cities, as was done in the past in Northern Europe to fully exploit their thermal energy production, there is still a clear chance, even for warmer regions (eg. South European areas and North African areas), to exploit the illustrated advantages offered by industrial and urban symbiosis by locating these structures in industrial districts, close to the main wastewater treatment plants. The large amount of low-cost thermal energy that becomes available could also encourage new enterprises to set up their heat-requiring production near the integrated waste/wastewater/sludge treatment system, thus further increasing the overall industrial symbiosis of the district.

All these benefits can be decisive for overcoming the sterile opposition to WtE recovery plants which are often described in an inconsistent and unfounded way as antagonists to waste recycling and maximizing recovery, thus favouring, even in these clearly late

[19] regions, a significant rapprochement on the path towards the Green Deal promoted by the European Union.

## References

1. Optimization and Sustainable Waste Management in Construction Chain in Italy: Toward a Resource Efficiency Plan. *Waste and Biomass Valorization*, 11, 5405–5417.
2. ISPRA (2019). *Rapporto Rifiuti Urbani 2019*.
3. Luciano A., Mancini G., Eleuteri A., Torretta V., Viotti P. (2017). The modelling of odour dispersion as a support tool for the improvements of high odours impact plants. *Environmental Technology*, 38(5), 588-597.
4. European Parliament (2018) *Waste Management in Europe: Main Problems Identified in EU Petitions and Best Practices*
5. Huang Y., Ning Y., Zhang T., Fei Y. (2015). Public acceptance of waste incineration power plants in China: Comparative case studies. *Habitat International*, 47, 11-19.
6. Monni S. (2012). From landfilling to waste incineration: Implications on GHG emissions of different actors. *International Journal Green of Gas Control*, 8, 82–9.
7. Fatta D., Alaton IA., Gokcay C., Rusan MM., Assobhei O., Mountadar M., Papadopoulos A. (2015). *Wastewater Reuse: Problems and Challenges in Cyprus, Turkey, Jordan and Morocco*. *European Water*, 11/12, 63–9.
8. Molinos-Senante M., Hernández-Sancho F., Mocholí-Arce M., Sala-Garrido R. (2014). Economic and environmental performance of wastewater treatment plants: Potential reductions in greenhouse gases emissions. *Resources and Energy Economics*, 38, 125–40.
9. Tyagi VK., Lo S. (2013). Sludge: A waste or renewable source for energy and resources recovery? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 708–28.
10. Kothari R., Tyagi VV., Pathak A. (2010). Waste-to-energy: A way from renewable energy sources to sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 3164–70.
11. AlQattan N., Acheampong M., Jaward FM., Ertem FC., Vijayakumar N., Bello T. (2018). Reviewing the potential of Waste-to-Energy (WTE) technologies for Sustainable Development Goal (SDG) numbers seven and eleven. *Renewable Energy Focus*, 27, 97-110.
12. Mancini G., Luciano A., Bolzonella D., Fatone F., Viotti P., Fino D. (2021). A Water-Waste-Energy nexus approach to bridge the sustainability gap in landfill-based waste management regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110441.

13. Cutaia L., Luciano A., Barberio G., Sbaffoni S., Mancuso E., Scagliarino C., La Monica M. (2015). The experience of the first industrial symbiosis platform in Italy. *Environmental Engineering and Management Journal*, 14, 1521–33.
14. Luciano A., Barberio G., Mancuso E., Sbaffoni S., La Monica M., Scagliarino C., Cutaia L. (2016). Potential improvement of the methodology for industrial symbiosis implementation at regional scale *Waste and Biomass Valorization*, 7, 1007–1015.
15. Abbasi T., Tauseef SM., Abbasi SA. (2012) Anaerobic digestion for global warming control and energy Generation-An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 3228–42.
16. Shen Y., Linville JL., Urgan-Demirtas M., Mintz MM., Snyder SW. (2015). An overview of biogas production and utilization at full-scale wastewater treatment plants (WWTPs) in the United States: Challenges and opportunities towards energy-neutral WWTPs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 346–62.
17. Gikas P. (2017). Towards energy positive wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Management*, 203, 621–9.
18. Turconi R., Butera S., Boldrin A., Grosso M., Rigamonti L., Astrup TF. (2011). Life cycle assessment of waste incineration in Denmark and Italy using two LCA models. *Waste Management*, 29, 78–90.
19. Mancini G., Cosentino L., Signorello G., Luciano A., Fino D. (2017). Criteria and operational guidelines to increase wastewater recovery on islands and in rural areas. *Desalination and Water Treatment*, 91, 214-221.
20. Mannina G., Torregrossa M., Viviani G., Mancini G. (2008). Wastewater modification processes assessment in a stabilization reservoir. *Water Science and Technology*, 57(7),1037-1045.
21. Luciano A., Reale P., Cutaia L., Carletti R., Elmo G., Pentassuglia R., Mancini G. (2020). Resources Optimization and Sustainable Waste Management in Construction Chain in Italy: Toward a Resource Efficiency Plan. (2020). *Waste and Biomass Valorization*. 11(10), pp. 5405-541

# MAPPING THE POTENTIALS FOR WASTE PREVENTION BY APPLYING INDUSTRIAL SYMBIOSIS IN THE PROVINCE OF BRESCIA

Reza Vahidzadeh<sup>1\*</sup>, Ehsan Liaghati<sup>2\*</sup>, Giorgio Bertanza<sup>3</sup>, Silvia Scaffoni<sup>4</sup>, Mentore Vaccari<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 5</sup> University of Brescia, ITALY.

<sup>3</sup>Laboratory for Resources Valorization (RISE), Department for Sustainability, ENEA-Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, Italy

(E-mail: [r.vahidzadeh@unibs.it](mailto:r.vahidzadeh@unibs.it), [e.liaghati@unibs.it](mailto:e.liaghati@unibs.it))

\*Corresponding author

---

## ABSTRACT

There are limited measures for evaluation of technical potentials of industrial areas for waste minimization by the implementation of industrial symbiosis. This paper presents the state of the art in developing a methodology for mapping the recovery of resources from the generated industrial residues in the Province of Brescia. The provincial MUD database was used for the analysis of the whole cycle of the waste inside the territorial boundaries of the province. Thus, a big data analysis approach was applied using Rstudio, Python, GIS, and Powerbi to analyze the data for different types of residues, including material waste and byproducts (end-of-waste). A software tool is provided for the province, which has the potential to be integrated with other waste management planning instruments at the regional and provincial scale. This made it possible to formulate different scenarios based on symbiotic collaborations for minimization of waste disposal.

**Keywords:** *By-product; Circular economy; Recovery; Recycling*

## Introduction

Different issues must be considered to improve waste minimization through industrial symbiosis. Apart from the regional strategies and incentives, there is still a significant lack of technical information about the evaluation of local potentials, especially for large areas such as provinces and regions, for adaptation of wastes to substitute the virgin materials. One of the biggest challenges for defining a sustainable flow system in such large areas is the wide range of materials and the diversity of industrial production processes entering the industrial symbiosis system. This must be based on the available capacities and characteristics of the context itself. ENEA has already developed several initiatives for the implementation of industrial symbiosis at the regional scale for the Italian regions [1, 2, 3, 4]. However, the current role of industrial symbiosis in the

minimization of industrial waste is not assessed, especially in northern regions such as Lombardy. This paper presents the efforts made by the University of Brescia in collaboration with ENEA for assessing the state of the art in the application of industrial symbiosis by the companies in the province of Brescia. The province is well-known for its metallurgic industrial sector. However, there are also several other economic activities that can collaborate to benefit from symbiotic relations. Moreover, there are particular environmental applications for industrial symbiosis in this specific region, such as remediation of contaminated sites. The mass balance between the generated residues and the recovered resources inside the boundaries of this territory was regarded as an indicator for measuring the potentials for symbiosis. Therefore, a mapping activity was needed to be done about the potentially recoverable resources. This way, it can be possible to define the pathways toward shaping an industrial network for exchanging the wastes and setting the next steps for future activities.

## Methods

The research consists of two steps. First, a literature review was done about the indicators and tools for assessing the potentials of waste minimization at a regional scale. Following the review, all the identified methodologies and software tools were compared with the available data for the province and possibilities for data collection from the field. The most reliable data about the production and treatment of waste at the provincial level was the MUD database. MUD (Modello Unico di Dichiarazione ambientale) is a legislative instrument through which the waste produced by economic activities, collected, transported, and disposed or sent for recovery must be reported annually by the companies to the regional authorities. We also considered the possibilities for having technical visits of typical examples of companies in each industrial sector with the support of local industrial associations. However, the second case has not yet been totally undertaken due to the unusual situation after the COVID-19 lockdown. Therefore, the scope and purpose of analyses and the methods for process mapping were evaluated in web-conferences and group discussions with industries. We could collect the data for more than 9300 local industrial units. Due to the large amount of data, we surveyed different data analysis methodologies for processing and visualization of the analyzed data. As a result, the collected data for production, treatment, recovery, and landfilling were processed using Rstudio and Python. Two software tools were generated in the environment of GIS and Powerbi for visualizing the symbiosis potentials. In order to map the circulation of the wastes and their recovery, different filters were defined based on levels of aggregation (Figure 1).

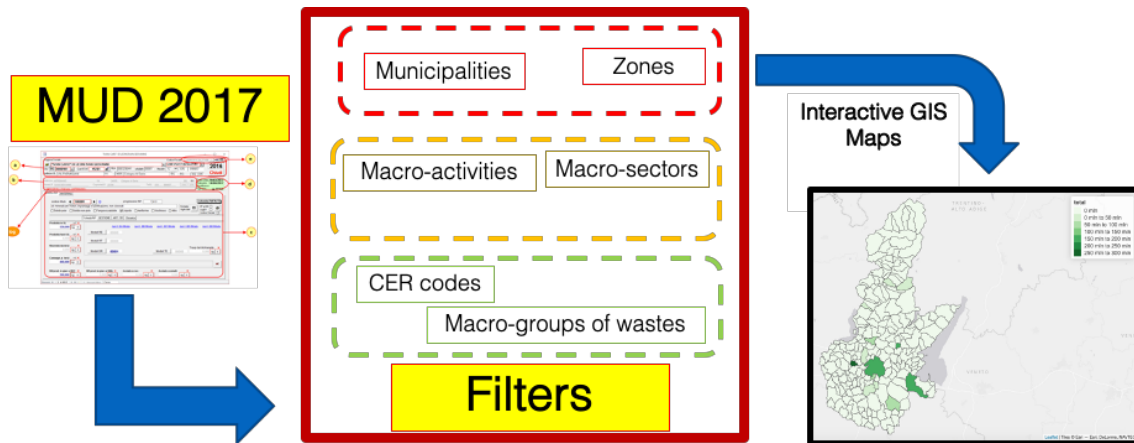


Figure 1. Flow diagram of data processing in GIS for the project

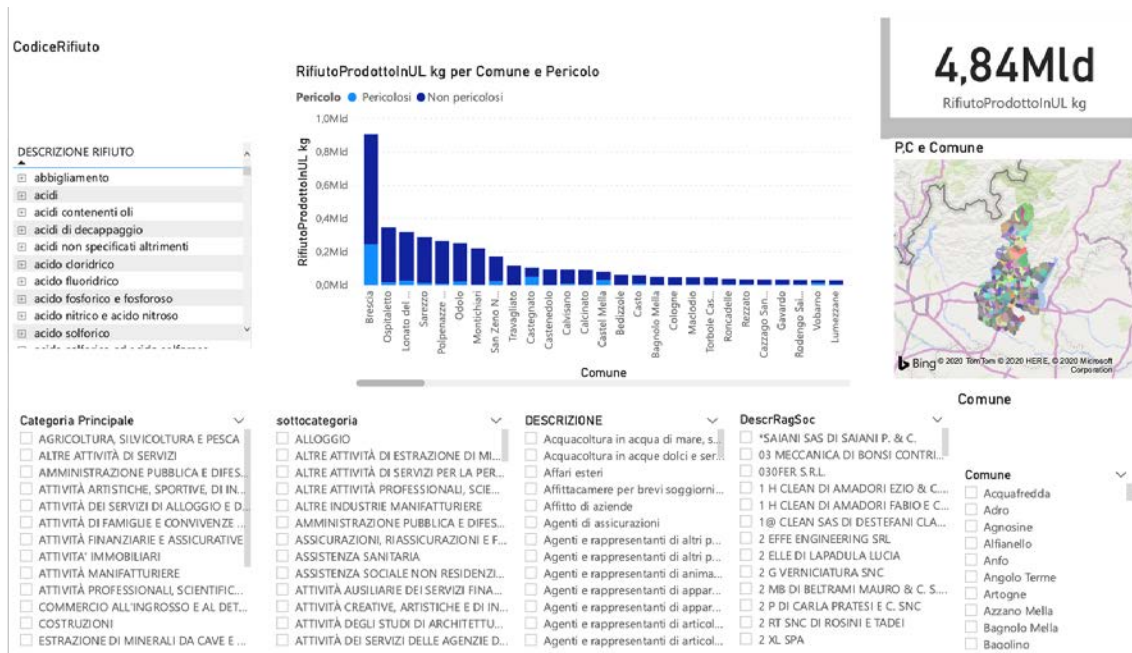


Figure 2. Exemplary interactive visualization data dashboard in Powerbi which illustrates the interconnection of the waste codes and industrial activities with clickable and search features

## Results

A comprehensive graphical description of the material flows has been prepared for the province of Brescia both in the form of maps and data dashboards. These tools can be useful for understanding the current situation and also for performing practices aimed to reuse of wastes. In this investigation more than 20 different dashboards are developed to create a complete vision of the industrial waste flow. After reviewing the first results of the analysis, it was found that the measurements could not be limited to the data from companies that officially report their waste production, but the whole cycle of waste inside the province must be considered. Moreover, the data analysis



should be expanded enough to overcome the effects of the periodical inconsistencies in production processes. Therefore, we repeated the data analysis with the MUD provincial database for a three-year period, 2016- 2018. The study results are reflected in input-output maps, which were generated for each category of waste for the province. The maps are interactive. The interface gives the user the possibility to check the amount of production and recovery of every types of waste by clicking on the maps for each municipality. Two levels of access were defined for the processed data. At the first level, data at the municipal level were aggregated and visualized. At the second level, which will be used for territorial studies and the further regional project of ENEA for industrial symbiosis, individual companies are shown by codes instead of the official names in dashboards, without visualization in Maps, in order to respect the privacy of information. This way, a mapping tool is provided for the province, which has the potential to be integrated with other waste management planning instruments at the regional and provincial scale.

## Conclusions

The present study has shown the effectiveness of big data analysis techniques in the visualization of the role of industrial symbiosis in waste minimization, both in evaluating the already implemented cases and the potential further possibilities. The study is now going to be extended to a broader scope by deepening the information about several types of residues, including byproducts (end-of-waste). Besides the mass balance for each class of wastes, other parameters need to be included in the maps in the next steps, such as the share of SMEs and large companies in various industrial activities and their different impacts on total recovery. This will finally make it possible to formulate different scenarios based on symbiotic collaborations for minimization of waste disposal.

## References

1. Cutaia, L., Luciano, A., Barberio, G., Scaffoni, S., Mancuso, E., Scagliarino, C., La Monica, M. (2015). The experience of the first industrial symbiosis platform in Italy. *Environmental Engineering and Management Journal*, 14 (7), 1521-1533.
2. Cutaia, L., Scagliarino, C., Mencherini, U., Iacondini, A. (2015). Industrial symbiosis in Emilia-Romagna region: Results from a first application in the agroindustry sector. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, 2 (1), 11-36.
3. Cutaia, L., Morabito, R., Barberio, G., Mancuso, E., Brunori, C., Spezzano, P., Mione, A., Mungiguerra, C., Li Rosi, O., Cappello, F. (2014). The project for the implementation of the industrial symbiosis platform in sicily: The progress after the

first year of operation. *Pathways to Environmental Sustainability: Methodologies and Experiences*, 205-214.

4. Luciano, A., Barberio, G., Mancuso, E., Scaffoni, S., La Monica, M., Scagliarino, C., Cutaia, L. (2016). Potential Improvement of the Methodology for Industrial Symbiosis Implementation at Regional Scale. *Waste and Biomass Valorization*, 7 (4), pp. 1007-1015.

# THE POREM BIO-ACTIVATOR FOR DEGRADED SOILS: OVERVIEW OF THE FIRST ITALIAN PRODUCTION RESULTS

Alessandra Strafaella<sup>1\*</sup>, Elena Salernitano<sup>1</sup>, Federica Bezzi<sup>1</sup>, Tiziano Delise<sup>1</sup>, Giuseppe Magnani<sup>1</sup>, Alice Dall'Ara<sup>2</sup>, Tatiana Folini<sup>2</sup>, Davide Dradi<sup>2</sup>, Federica Fontana<sup>2</sup>, Nicola Minerva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Materials Technologies Faenza (TEMAF), Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development (ENEA), Via Ravegnana 186, 48018 Faenza (ITALY)

<sup>2</sup>Astra Innovazione e Sviluppo (Agenzia per la Sperimentazione Tecnologica e la Ricerca Agroambientale s.r.l.), Via Tebano 45 - 48018 Faenza -RA (Italy)  
(E-mail: [alessandra.strafella@enea.it](mailto:alessandra.strafella@enea.it))

\*Corresponding author

---

## ABSTRACT

Nowadays, the recovering of the European soil depletion represents a crucial challenge. The POREM project (LIFE17-ENV/IT/333) fits into this scenario, aiming at demonstrating the new bio-activator feasibility, based on natural resources, i.e. poultry manure and a natural enzyme preparation, for the degraded soils recovering. This work is an overview of the first Italian POREM production campaign and describes the main results of both physico-chemical characterization and field tests. The characterization results are mutually consistent and highlight an improved bio-activator stability over the maturation time. The presence of struvite, a Nitrogen compound able to reduce the environmental impact and enhance the N retention, was observed. The field tests were carried out on the crops to investigate the POREM activity; the results on fertility improvement (mineral fertilizer reduction and increase of the crops yield and quality) are very significant. The next year field tests will be focused on the soil restoration.

**Keywords:** *Bio-activator; Bioremediation; Poultry manure; Soil restoration*

## Introduction

Recent researches have highlighted how European soils are degrading and how important it is to find new strategies for their depletion.

The POREM is an innovative bio-activator based on natural resources, i.e. poultry manure added with a natural enzyme derived from plants, and therefore responds to both a green fertilizer new idea and a circular economy strategy, exploiting the main poultry meat and egg productions waste. POREM represents a cheap and continuous source of organic matter as well as of nutrients for the soils rehabilitation. Moreover, the production process is also innovative, being a low cost, static, simplified and energy

saving biotreatment. The biotreatment consists of adding to the poultry manure substrate, in static biostabilization in pile, a natural product (VAP) with enzymatic activity in a batch static process (EP 1314710). The purpose of POREM bio-activator is also innovative: to restore degraded soils, poor in organic matter, for their better management.

## Methods

The analysed POREM samples derived from two Italian production sites, Apulia and Calabria. They were collected at different maturation time, up to 120 days, and characterized to explore their properties over time.

The physico-chemical characterization was performed by:

- *Thermogravimetric Analysis* (TGA): to measure thermal stability and detect decomposition phases ( $\Delta T$  and % mass loss)
- *Scanning Electron Microscopy* (SEM- EDS): to analyse morphological structure and carry out semi-quantitative compositional analysis
- *X-ray diffraction analysis* (XRD): to detect mineralogical phases

The thermogravimetric analysis allowed to establish the main composition of POREM samples. TG Analyses were performed under dynamic inert atmosphere (Argon) with a flow rate of 100 ml/min and a heating rate of 10 °C/min up to 1000 °C. To perform these analyses about 850mg of each sample was weighed and placed in a carrier of 3.4 ml in volume.

The SEM observation was used to examine the bio-activator morphology, while the EDS semi-quantitative analysis was performed to provide the elemental composition. In all POREM samples the morphology observation and semi-quantitative analysis were performed on different areas to obtain more representative and reliable results with no need of further pretreatments (no risk of contamination or damage). Moreover, both average and localized composition on specific morphology were carried out.

Crystalline phases were identified by X-Ray Diffraction (XRD) patterns acquired on pulverized samples (Philips PW 1710, Bragg–Brentano geometry, CuK $\alpha$  40 kV and 30 mA, step size of 0.02°; scan step time 3s; interval 10°-70° 2 Theta), integrating EDS results about elemental composition. The field tests were carried out in Northern and Southern Italy on vegetable and arable crops to investigate the POREM activity under field conditions on several soil conditions.

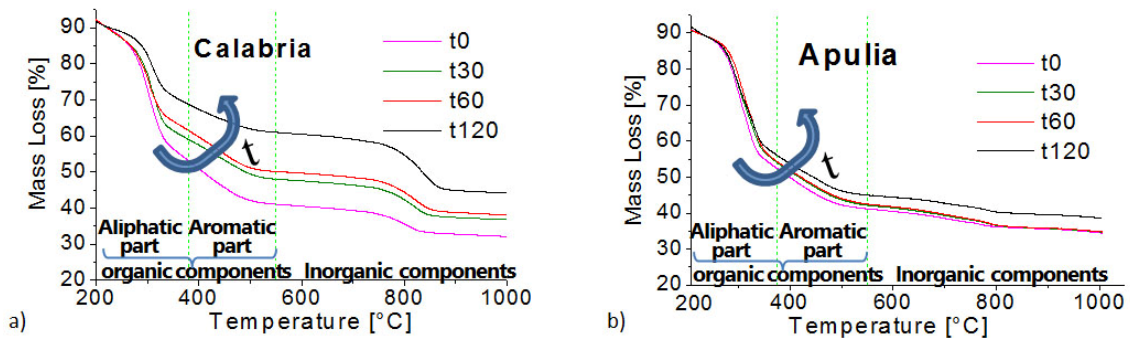
The field tests were carried out in Northern and Southern Italy on vegetable and arable crops to investigate the POREM activity under field conditions on several soil conditions.

In particular, in Emilia–Romagna (Northern Italy) POREM was tested on tomato production. The assessments were carried out on 3 treatments (POREM - 40 units of Nitrogen/ha, Chemical Fertilizer - 130 units of Nitrogen/ha, No treated) in 4 replicates each.

Instead, in Apulia (Southern Italy) POREM was tested on barley in organic farming. The assessments were carried out on 3 treatments (POREM – 80 units of Nitrogen/ha, Standard Fertilizer - 80 units of Nitrogen/ha, No treated) in 6 replicates each (3 in the upper and 3 in the lower part of the field with different soil characteristics in gravel and stone).

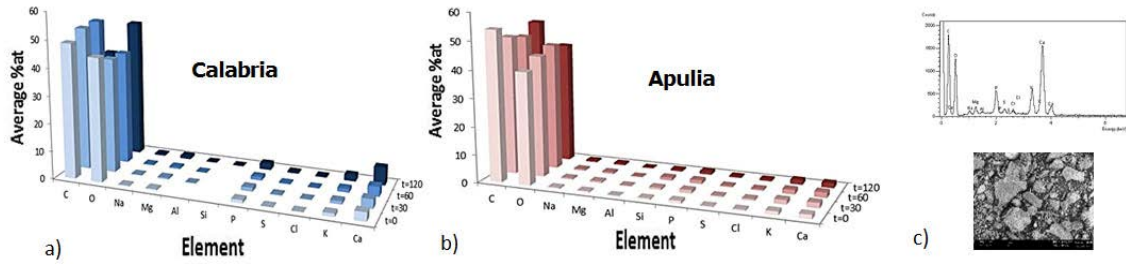
## Results

*Physico-chemical characterization:* The composition of poultry manure depends on the type of animal, diet, feed composition, housing system and manure management (as type of bedding material, reuse/removal frequency, storage and handling). Two different types of poultry dejections were analysed: manure from laying (Calabria) and litter from broiler poultry (Apulia). The thermogravimetric analysis allowed to establish the main composition of POREM samples.



**Figure 1.** Comparison among POREM thermograms, over the maturation time: a) samples from Calabria production; b) samples from Calabria production

The comparison among the thermograms over the maturation time is shown in Figure 1 and highlights two relevant outcomes. Firstly, the organic fraction decrease over the time was detected in the temperature range from 200 °C to 550 °C. It is related to the maturation and stabilization of POREM bio-activator. Secondly, in the range [550-1000] °C the inorganic fraction percentage grows over the time, probably due to the mineralization. This effect is important because POREM could become a basin of nutrients [1,2].

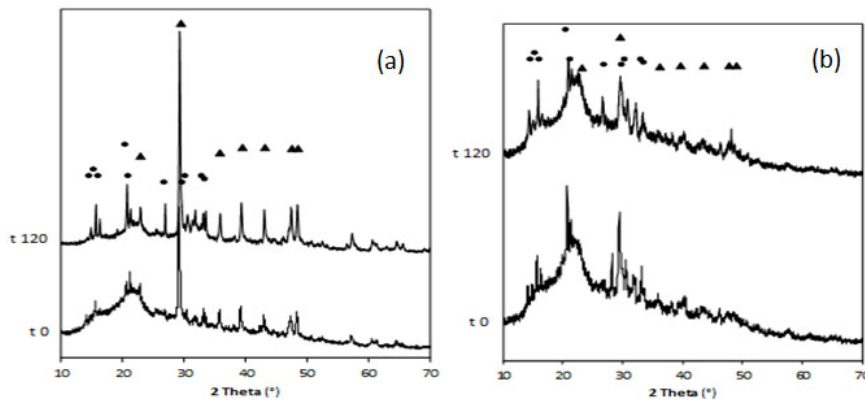


**Figure 2.** Average composition trend during maturation of the POREM bioactivator produced in Calabria (a) and Puglia (b) and typical micrograph and EDS spectrum (c)

The SEM analysis showed that all samples exhibited heterogeneous morphology with the presence of various residues, both fibres and granular particles of different shape. O and C are the main elements, but Ca, P, K, Mg, S are also detected in low concentration.

A general increase in the inorganic fraction with the maturation time is observed (C and Ca stability is an indication of the calcite formation, while P and Mg maintenance of the struvite formation).



SEM-EDS and XRD analysis are useful in the integrated interpretation of results and in the identification of crystalline phase.



**Figure 3.** XRD patterns of Calabria (a) and Puglia (b) samples at 0 and 120 days of maturation time (● Struvite; ICCD card 15-762; ▲ Calcite, ICCD card 5-586)

The main crystalline phases identified by XRD are Calcite and Struvite (Figure 3). In addition, a decrease of the amorphous phase during the maturation time was observed mainly in the Calabria samples patterns.

*Field Tests:* The tomato tests highlighted a significant better performance in terms of marketable fruits, NDVI, vigor and Brix parameter when POREM is applied, in comparison with the untreated check (Brix index, a market parameter important for industrial purposes, was superior than that with the Standard fertilizer).

	ASSESSMENT AT HARVEST			GROUND COVER (number of plants/sqm)		MARKETABLE GRAIN (kg/ sqm)
	MARKETABLE FRUITS (g/plant)	°BRIX (RDR)		crop emergence	pre- flowering	at harvest
Untreated check	Reference (100%)	Reference (100%)	Untreated check	Reference (100%)	Reference (100%)	Reference (100%)
POREM	<b>+33%</b>	<b>+16%</b>	POREM	<b>+19%</b>	<b>+17%</b>	<b>+47%</b>
a) Standard Fertilizer	<b>+42%</b>	+7%	b) Standard Fertilizer	-7%	-8%	<b>+37%</b>

**Figure 4.** Results on productive and qualitative data: a) tomato (Emilia Romagna), b) barley (Apulia)

The barley tests showed that POREM treatment increases the performance in terms of ground coverage, vigor, absence of foliage yellowing (severity and incidence), compared to the Standard fertilizer and the untreated check.

## Conclusions

The first campaign of POREM production and its application provided some important results which can be summarized as follows:

- The physico-chemical characterization pointed out the validity and replicability of the POREM production process and an improved bio-activator stability over the maturation time.
- The field tests showed in the case of tomato a yield comparable to that obtained with a conventional mineral fertilizer but saving 69% N units; while higher barley productivity respect to the conventional organic fertilizer with the same quantity of available N unit/ha. POREM gives a certain “visual starter effect” on barley crop in all the parameters assessed. Nitrogen provided by POREM looks more efficient in the early crop stage that Nitrogen provided by Standard Fertilizer, due the fact that better results are obtained with the same quantity of available Nitrogen. These preliminary results assessed at the beginning of crop development may suggest that the bioremediation effect provided by POREM is of more evident in ‘poor’ and degraded soils.

## References

1. K. S. Ro, J. A. Libra, S. Bae, N. D. Berge, J. R.V. Flora, R. Pecenka (2019). Combustion Behaviour of Animal-Manure-Based Hydrochar and Pyrochar. ACS Sustainable Chem. Eng., 7, 470–478.
2. J. Lee, D. Choi, Y. S. Ok, Lee, S. R. & E. E. Kwon, (2017). Enhancement of energy recovery from chicken manure by pyrolysis in carbon dioxide. Journal of Cleaner Production, 164, 146-152.

# THE APPLICATION OF BY-PRODUCTS LEGISLATION IN ITALY AS A STRATEGIC LEVER FOR THE COMPETITIVENESS OF BUSINESSES: AN EVOLVING LEGAL ADMINISTRATIVE SCENARIO

Daniela Claps<sup>1\*</sup>, Laura Cutaia<sup>2</sup>, Tiziana Beltrani<sup>2</sup>, Francesca Ceruti<sup>2</sup>, Marco La Monica<sup>2</sup>, Erika Mancuso<sup>2</sup>,  
Pier Luigi Porta<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Division Users Efficiency (USER), Department for Sustainability, ENEA-Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, Italy*

<sup>2</sup> *Laboratory for Resources Valorization (RISE), Department for Sustainability, ENEA-Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, Italy*

(E-mail: [daniela.claps@enea.it](mailto:daniela.claps@enea.it))

\*Corresponding author

---

## ABSTRACT

In 2018 the Italian production of special waste amounted approximately to 143.5 Mt with an increase of 3.3% if compared to 2017 and disposal costs in the range of 160-240 €/ton, practically doubled within the last years. Many companies have therefore experienced increasing difficulties in waste managing because of both the increase in disposal costs and the collection timing required by sector operators. In order to make the production residues a new resource for other production activities, it is possible to qualify and manage the residues as by-products by creating paths of industrial symbiosis. Industrial symbiosis allows the transfer of resources (such as by-products and waste but also services and expertise) between two or more dissimilar industries and it represents a key to reduce their annual management costs achieving as well greater competitiveness. In addition to these advantages, there are environmental and social benefits that can have positive impacts not only on the individual companies involved but also on a territorial scale. The economic advantages can be more relevant where the industrial symbiosis approach takes place in a systematic way, against a specific project, allowing to obtain economic margins from the transfer of resources from one company to another. The main administrative legal instrument for the realization of industrial symbiosis is the by-product regulated in Italy by art. 184-bis of Legislative Decree 152/06 and subsequent amendments. Despite some steps forward to encourage and facilitate the use of by-products (Ministerial Decree of the Environment October 13, 2016, n.264, List of producers and users of by-products, List of by-products of the Emilia-Romagna Region), application difficulties persist in Italy, preventing a systematic and organic implementation of industrial symbiosis as a normal practice in the management of



industrial production residues. The purpose of this work is to carry out an examination of the regulatory and application landscape of industrial symbiosis in Italy with particular reference to the regulation of the by-product, identifying some possible tools and measures to overcome the difficulties highlighted and to favor the use as by-products of production residues that meet specific criteria as required by current legislation.

*keywords: Waste; Production residue; By-product; Industrial symbiosis; Circular economy*

## Introduction

In 2018 the Italian production of special waste amounted approximately to 143.5 Mt with an increase of 3.3% if compared to 2017. The increase is almost entirely attributable, in quantitative terms, to non-hazardous waste, and in particular those from construction and demolition operations which increased by 6.6%, equal in quantitative terms to 3.7 million tons [1].

Many companies have therefore experienced increasing difficulties in waste managing because of both the increase in disposal costs and the collection timing required by sector operators. There are no official tools and data that accurately detect the trend in waste disposal costs for businesses: while urban waste is treated and disposed of at predetermined costs by the Planning Authority (AATO) through tariffs or taxes, special waste Instead, it is managed on the free market with the possibility for companies to contact the operator that best meets their needs, including economic ones, and to draw up specific private contracts.

Nevertheless, it is possible to refer to various unofficial sources, in particular sector surveys, which report the evolution of disposal costs, allowing to collect at least the order of magnitude of the phenomenon. One of these sources is the "Borsino dei rifiuti" which reports an average disposal cost of 160 €/ton, with peaks of 240€/ton. More generally, in light of the many sources examined a study by the REF Research Laboratory estimates that the average increase may have exceeded 40% in the last two years, with an additional cost of almost 1.3 billion euros for the only manufacturing sector [2].

## *By-products and Industrial Symbiosis: economic, environmental and social benefits*

In order to make the production residues a new resource for other production activities, it is possible to qualify and manage the residues as by-products by creating paths of industrial symbiosis. Industrial symbiosis allows the transfer of resources (such as by-products and waste but also services and expertise) between two or more dissimilar

industries and it represents a key to reduce their annual management costs achieving as well greater competitiveness.

Therefore, the production residue that meets all the legal requirements to be managed as a by-product can be transferred as a "resource" from one company to another with undeniable economic advantages: for the "transferring" company a reduction of the annual waste management costs, as well as a profit in the event of a sale; for the company that uses the by-product (secondary resources of lower cost, with the same technical-operational characteristics of the raw materials to be purchased on the market) a reduction of production costs. Further economic benefits can arise from the creation of new business networks and from new market opportunities.

In addition, there are environmental and social benefits that can have positive impacts not only on the individual companies involved but also on a territorial scale.

From the environmental point of view, an efficient use of natural resources in production processes reduces the demand for ecosystem goods and services (water, coal, oil, fertilizers, etc.) and determines a lower impact of production activities (containment of atmospheric emissions, waste prevention and reduction and consequent disposal in landfills, etc.). From the social point of view, the management of some residues as by-products can produce new jobs, new professional positions, creation or enhancement of the quality of the existing workforce, the reduction of social costs related to waste disposal, a cultural change and the creation and sharing of knowledge [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Overall, the valorization of residues as by-products in industrial symbiosis paths allows to obtain win-win solutions, in which all the actors involved can benefit from reciprocal interactions. Industrial symbiosis is therefore able to generate a virtuous interaction between companies and the territory through the activation of collaboration processes between the various actors involved. The implementation of this business model creates important advantages for the business system and for the community, both in economic and environmental terms thanks to an increase in the overall competitiveness of local production systems, a reduction in pressure on ecosystem services and on biodiversity of a territory, to an improvement in the quality of community life [9, 10].

#### *The ENEA Methodology to support the implementation of industrial symbiosis paths*

Based on the experience gained in recent years through various research projects both at national and European level, ENEA has developed an innovative methodology [11] for carrying out the audit of company resources in order to support the implementation of circular economy actions, increase resource efficiency and promote industrial symbiosis

[12] by favoring synergies between companies through resource sharing tables, stimulating companies to cooperate according to an Eco-industrial Park approach, or even through the creation of networks of companies and/or companies that manage similar resources in a shared manner, eg. through the construction of barycentric systems to favor economies of scale.

In particular, the experiences gained by ENEA in direct contact with companies have allowed an overview of the industrial symbiosis and of the operational and managerial difficulties in applying the legislation on by-products.

#### *National by-product legislation*

The Italian regulation of the by-product is contained in articles 183 and 184-bis of Legislative Decree n. 152/2006 [13]. Article 183, paragraph 1, lett. qq), defines the by-product as "any substance or object that satisfies the conditions set out in Article 184-bis, paragraph 1, or which meets the criteria set out in accordance with Article 184-bis, paragraph 2".

In particular, Article 184-bis, paragraph 2, provides for the possibility, on the basis of the conditions laid down in paragraph 1, to take measures to establish qualitative or quantitative criteria to be met so that specific types of substances or objects are considered by-products and not waste. The adoption of these criteria is carried out with one or more decrees of the Minister of the Environment.

In 2016 the Ministry of the environment issued decree 13 October 2016 n.264 [14]. ("Regulation containing indicative criteria to facilitate the demonstration of the existence of the requirements for the qualification of production residues as by-products and not as waste") that entered into force on 2 March 2017. As also specified by the explanatory Circular n. 7619 of 30 May 2017[15] of the Ministry of the Environment, the Decree 264/2016 does not innovate the general discipline of the sector but it aims to be a clarification tool available to companies, administrations and supervisory bodies concerning the demonstration of the conditions set up in art. 184-bis.

Furthermore, Ministerial Decree n.264/16, in order to promote the transfer and sale of by-products, provides for the establishment at the Chambers of Commerce of a public list of by-products in which producers and users of by-products can register. As clarified by the Explanatory Note prot. 3084 of 3 March 2017[16], registration in the list of by-products does not constitute an enabling requirement but has only a cognitive function and it aims at a mere facilitation of exchanges.

The qualification of a material as a by-product does not depend on the registration of the producer or the user in this list, since it is exclusively linked to the demonstration of the conditions laid down in article 184-bis.

Finally, since the by-product rules are exceptional and derogate from the ordinary waste rules, the burden of proof concerning the existence of the above conditions must be met by those producing the residue and manage it as a by-product.

#### *Regional by-products regulations*

The Italian legal system transfers to the Regions some competences in the field of waste, including the preparation of regional management plans, the promotion of integrated management, the incentive to reduce the production of waste and the recovery of materials and energy. In order to reduce waste production, some Italian regions such as Emilia Romagna and Tuscany have proven to be particularly active in promoting the by-product market.

The Emilia Romagna Region established with the regional law n.16/2015[17] on the circular economy the "Permanent coordination of by-products" composed of the main players in the sector (representatives of the Region, of ARPA Emilia-Romagna, of Confindustria and Coldiretti, etc.). With the resolution of the Regional Council n. 2260/2016[18], the regional list of by-products was subsequently approved. Downstream of the regional list, the Emilia Romagna region has envisaged the formalization of the production processes (contained in a specific sheet) and of the resulting by-products for the different supply chains identified (currently eight).

The Tuscany Region with the recent Regional Council Resolution n. 12/2020[19] published the "First Guidelines for the application of the by-product regulation to the textile industry" and with the Regional Law of 4 June 2020, n. 34, "Provisions on the circular economy for waste management"[20], it established the possibility of adopting other guidelines on by-products, to identify operational methods and solve application problems relating to article 184 bis paragraph 1 of Legislative Decree 152 / 2006.

#### *Critical issues on the interpretation and application of by-products*

The use of production residue as a by-product in the presence of all the conditions set by article 184-bis paragraph 1 of Legislative Decree n.152/06 does not require any authorization for businesses and it entails for them undoubted management and economic benefits.

Despite some important advances in the field of by-products, in Italy application difficulties persist that slow down the systematic and organic application of the by-

product and of industrial symbiosis as normal practice in the management of production residues:

1. the general nature of some of the conditions set by the aforementioned art. 184-bis paragraph 1 does not facilitate the burden of proof, with negative repercussions for both companies and supervisory bodies.
2. In this respect, Ministerial Decree n.264/16 represents a useful but not a decisive tool. In order to create a common basis for producers and control bodies, it suggests some tools/methods the use of which is the result of an exclusively voluntary membership. Therefore, application difficulties remain for sector operators in terms of the burden of proof, especially as regards the condition of direct use without any further treatment other than normal industrial practice (letter c, paragraph 1 of article 184-bis of Legislative Decree 152/06), one of the most discussed, as evidenced by the jurisprudence on the subject. Judicial decisions, often not univocal, sometimes favor the most restrictive theses and, in some cases, confuse operators, making the market for using the by-product even more complex. Yet, European Commission already since 2007 with the "Interpretative communication on waste and by-products"[21] and, then, in 2012, with the "Guidance on the interpretation of key provisions of Directive 2008/98 (par. 1.2.4)" [22], provided some guidance in this regard to the competent (monitoring) authorities.
3. The criminal nature of the sanctions applicable when the existence of all the conditions established by article 184-bis paragraph 1 is not demonstrated can constitute a deterrent for those who want to commit a crime, but also a concern and/or a disincentive for those who want to operate correctly in the absence of certain indications on the real extent of the above conditions. The result is that producers / companies are disincentivated to resort to the qualification of by-products for production residues that could be profitably used in another production cycle. The interests at stake are in fact different: on the one hand the interest in an advantage (also competitive) for entrepreneurs through an efficient use of resources, without the risk of incurring heavy penalties, on the other hand the protection of the environment and health by the State that cannot loosen the controls. It is necessary to think of tools that in a reasonably short time lead to a legislative clarification on the highlighted critical issues so that the interested parties know with certainty whether a residue can be managed as a by-product, in compliance with the protection of the environment and of health implementing the principle of preventing the production of waste, while at the same time discouraging incorrect behavior in the use of the by-product as the simplest and fastest way for the (illegal) disposal of waste.

4. As already illustrated, in order to foster a circular economy and give greater certainty to operators in the sector (companies, supervisory authorities), some Italian regions have established a system for the recognition of by-products. In the absence of adequate measures adopted at national level in the field of by-products, other Italian regions could provide within their own territory some tools similar to those adopted by the Emilia Romagna and Tuscany regions (guidelines, list of by-products) with two potential limits:
- the exclusively regional recognition of by-products;
  - heterogeneous disciplines of the by-product on the regional territories.

*The “appropriate measures” required by Directive 2018/851/UE*

The recent Directive 2018/851/EU[23] amended Article 5 (on by-products) of Directive 2008/98/EC[24], requiring Member States to take "appropriate measures" to ensure that a substance or object (resulting from a process of production whose purpose is not the production of that substance or object) is not considered a waste but a by-product if it meets the conditions listed in the same Article 5 in paragraph 1.

According to the provisions of Article 5, measures can be established at national level through the adoption of detailed criteria on the application of the above conditions to specific substances or objects (where criteria have not been set at Union level), favoring replicable practices of industrial symbiosis. The European Union therefore urges Member States to give new impetus to the by-product sector and industrial symbiosis, in order to make this practice, in compliance with sector regulations, an effective system reality.

*Final considerations and recommendations for appropriate future actions*

In order to overcome the interpretation and application difficulties highlighted above and therefore favor the use of production residues as by-products, the following measures and actions are considered appropriate:

- issue of ministerial decrees (pursuant to art. 184-bis paragraph 2 of Legislative Decree 152/2006) for the adoption of qualitative or quantitative criteria to be respected so that certain types of substances or objects are considered by-products and not waste;
- to favor innovative industrial processes and facilitate production agreements between companies (industrial symbiosis) thanks to which the production residues of one company can become productive factors for the other;

- to Establish a Technical Commission at a national level that provides for the involvement of the main stakeholders to better frame the needs and difficulties in the application of by-product regulation and therefore provide support to the Central Government and / or the competent Ministries in the adoption of "appropriate measures";
- to favor program agreements on by-products and coordinate State-Regions initiatives to avoid different situations on the national territory;
- to favor the creation and adoption of a national database with free access, which for each type of residue allows the identification of some of the possible production destinations, taking into account already consolidated paths and experiences of industrial symbiosis to the advantage of their replicability and the indication, for this purpose, of any technical requirements to be met to allow an effective match between supply and request for resources;
- also based on the provisions of Ministerial Decree 264/16, art. 6 paragraph 2, on the subject of "normal industrial practice", design or redesign the company production process including the activities and operations that are essential so that the production residue, at the origin and according to its specific destination, has the characteristics to be qualified as a by-product;
- to implement a system of technical support to companies, such as the National Platform for Industrial Symbiosis ENEA, also with regional offices, which allows identifying opportunities for the enhancement of excess resources while trying to bring together demand and supply on the territory;
- to promote training activities for all stakeholders on the discipline of by-products.

## References

1. Ispra (2020). Rapporto Rifiuti Speciali, Edizione 2020, Rapporti n. 321/2020 ISBN 978-88-448-1009-2.
2. REF Ricerche (2020). Laboratorio REF Ricerche, Contributo n.143, Gestione dei rifiuti: per le imprese costi in aumento, febbraio 2020.
3. Chertow M.R. (2007). "“Uncovering” industrial symbiosis”, *Journal of Industrial Ecology*, vol. 11, n. 1, pp. 11-30.
4. Cutaia L., Landolfo P., Morabito R. (2012). "Ecologia industriale e simbiosi industriale", in Cutaia L., Morabito R. (a cura di), *Sostenibilità dei sistemi produttivi strumenti e tecnologie verso la green economy*, Enea, Roma.
5. Mirata M. (2004). Experiences from early stages of a national industrial symbiosis programme in the UK: determinants and coordination challenges, *Journal of Cleaner Production*, vol.12, n.8, pp.967-983.

6. Mirata M., Pearce R. (2006). Industrial symbiosis in the UK, in Green K. and Randles S. (eds). *Industrial ecology and spaces of innovation*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK, and Massachusetts, USA
7. Desrochers P., Leppälä S. (2010). "Industrial symbiosis: old wine in recycled bottles? Some perspective from the history of economic and geographical thought", *International Regional Science Review*, vol. 3, n. 3, pp. 338-361.
8. WWF (2012). *Living Planet Report 2012*, WWF-International, Gland.
9. La Monica M., Cutaia L., Franco S. (2014). "La simbiosi industriale come modello per lo sviluppo sostenibile dei sistemi economici territoriali", *Atti del XXVI Convegno annuale di Sinergie "Manifattura: quale futuro?"*, pp. 151-164.
10. Gessa R., Conti G. (2010), "Parchi Eco Industriali e simbiosi industriale", *Ambiente Risorse Salute*, vol. 4, n. 127, pp. 6-13.
11. Cutaia L, Beltrani T, Fantin V, Mancuso E, Scaffoni S, La Monica M. (2020). Resources audit as an effective tool for the implementation of industrial symbiosis paths for the transition towards circular economy. *Springerbook: Industrial Symbiosis for the Circular Economy*. ISBN 978-3-030-36660-5.
12. Cutaia L, Morabito R, Barberio G, Mancuso E, Brunori C, Spezzano P, Mione A, Mungiguerra C, Li Rosi O, Cappello F (2014). The Project for the Implementation of the Industrial Symbiosis Platform in Sicily: The Progress After the First Year of Operation. In: *Pathways to Environmental Sustainability. Methodologies and Experiences*, XXIII, ISBN 978-3-319-03825-4 and ISBN 978-3-319-03826-1.
13. Legislative Decree 3 April 2006, n. 152, Environmental regulations,(Official Gazette No. 88 of 14 April 2006).
14. Ministry of the environment and of the protection of the territory and of the sea, Decree 13 October 2016, n. 264, Regulation containing indicative criteria to facilitate the demonstration of the existence of the requirements for the qualification of production residues as by-products and not as waste. (17G00023),(GU General Series n.38 of 15-02-2017).
15. Ministry of the environment and of the protection of the territory and of the sea, Explanatory Circular of 30 May 2017, n. 7619 for the application of ministerial decree 13October 2016, n. 264.
16. Ministry of the Environment and Land and Sea Protection, General Directorate for Waste and Pollution, Explanatory Note prot. 3084 of 3 March 2017, bearing "Art. 10 of the Ministerial Decree of 13 October 2016, n. 264 - Regulation containing indicative criteria to facilitate the demonstration of the existence of the requirements for the qualification of production residues as by-products and not as waste - public list established at the territorially competent Chambers of Commerce - Interpretative clarifications ".



17. Emilia Romagna Region, Regional Law 05 October 2015, n. 16 Provisions in support of the circular economy, the reduction of urban waste production, the reuse of goods at the end of their life, separate waste collection and amendments to regional law no. 31 (regulation of the special tax for landfilling of solid waste).
18. Emilia-Romagna Region, Resolution of the regional council 21 December 2016, n. 2260, Establishment of the regional list of by-products.
19. Tuscany Region, Regional Council Resolution n.12 of 13/01/2020, "First guidelines for the application of the by-product regulation in the textile industry".
20. Tuscany Region, Regional Law 4 June 2020, n. 34 Provisions on the circular economy for waste management. Changes to the l.r. 60/1996. Official Bulletin n. 51, part one, of 10 June 2020.
21. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on the Interpretative Communication on waste and by-products, Brussels, 21.2.2007 COM(2007) 59 final.
22. European Commission, "Guidance on the interpretation of key provisions of Directive 2008/98/EC on waste", June 2012.
23. Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste.
24. DIRECTIVE 2008/98/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives

# L'APPLICAZIONE DELLA DISCIPLINA DEL SOTTOPRODOTTO IN ITALIA QUALE LEVA STRATEGICA PER LA COMPETITIVITÀ DELLE IMPRESE: UNO SCENARIO GIURIDICO AMMINISTRATIVO IN EVOLUZIONE

Daniela Claps<sup>1\*</sup>, Laura Cutaia<sup>2</sup>, Tiziana Beltrani<sup>2</sup>, Francesca Ceruti<sup>2</sup>, Marco La Monica<sup>2</sup>, Erika Mancuso<sup>2</sup>, Pier Luigi Porta<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Division Users Efficiency (USER), Department for Sustainability, ENEA-Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, Italy*

<sup>2</sup> *Laboratory for Resources Valorization (RISE), Department for Sustainability, ENEA-Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, Italy*

(E-mail: [daniela.claps@enea.it](mailto:daniela.claps@enea.it))

\*Corresponding author

---

## ABSTRACT

Nel 2018 la produzione nazionale dei rifiuti speciali si è attestata a circa 143,5 milioni di tonnellate, in aumento del 3,3% rispetto al 2017 con costi di smaltimento pari in media a 160 euro a tonnellata, valore praticamente raddoppiato rispetto a pochi anni prima, con punte di 240 euro a tonnellata. Molte aziende hanno registrato pertanto crescenti difficoltà nella gestione dei rifiuti sia per l'aumento dei costi di smaltimento che dei tempi del ritiro da parte degli operatori. Un importante strumento per valorizzare i residui di produzione e renderli nuova risorsa per ulteriori attività produttive riducendo, se non addirittura abbattendo, i costi di gestione dei rifiuti, è rappresentato dalla possibilità di qualificare e gestire i residui come sottoprodotti creando percorsi di simbiosi industriale. La simbiosi industriale, ovvero il trasferimento di risorse tra due o più industrie dissimili, rappresenta quindi per le aziende una chiave di successo per l'abbattimento dei costi annuali di gestione conseguendo una maggiore competitività. A tale indubbio vantaggio vanno aggiunti benefici di carattere ambientale e sociale che possono avere ricadute non solo sulle singole aziende coinvolte ma anche su scala territoriale. I vantaggi di carattere economico possono inoltre essere maggiormente rilevanti laddove la simbiosi si realizzi in maniera sistematica, a fronte di una progettualità specifica, consentendo di ottenere margini economici dal trasferimento delle risorse da un'azienda ad un'altra. Lo strumento giuridico amministrativo principe per la realizzazione della simbiosi industriale di scarti materici è la fattispecie del sottoprodotto regolata in Italia dall'art. 184-bis del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.. Nonostante alcuni passi in avanti per favorire e agevolare l'utilizzo dei sottoprodotti (Dm Ambiente 13 ottobre 2016, n. 264, Elenco dei produttori e utilizzatori di sottoprodotti, Elenco dei

sottoprodotti della Regione Emilia-Romagna, ecc.), nel nostro Paese persistono difficoltà applicative che rallentano una sistematica e organica applicazione della simbiosi industriale quale normale prassi di gestione dei residui industriali. Scopo del presente lavoro è svolgere una disamina del panorama normativo e applicativo della simbiosi industriale in Italia con particolare riferimento alla disciplina del sottoprodotto individuando alcuni possibili strumenti e misure per superare le difficoltà evidenziate e favorire l'utilizzo come sottoprodotti di sostanze ed oggetti che derivano da un processo di produzione e che rispettano specifici criteri.

*Keywords: Rifiuti; Residui di produzione; Sottoprodotti; Simbiosi Industriale; Economia Circolare*

### Introduzione

La produzione nazionale dei rifiuti speciali nel 2018 si è attestata a circa 143,5 milioni di tonnellate, in aumento del 3,3% rispetto al 2017. L'incremento è quasi del tutto imputabile, in termini quantitativi, ai rifiuti non pericolosi, e in particolare a quelli da operazioni di costruzione e demolizione che aumentano del 6,6%, pari in termini quantitativi a 3,7 milioni di tonnellate [1].

Le imprese, a loro volta, registrano crescenti difficoltà nella gestione dei rifiuti per l'aumento dei costi di smaltimento e dei tempi del ritiro da parte degli operatori. Non si dispone di strumenti e dati ufficiali che rilevino puntualmente l'andamento di detti costi per le imprese poiché, come noto, mentre i rifiuti urbani devono necessariamente essere trattati ed eventualmente smaltiti a costi predeterminati dalle autorità di pianificazione (ATO) attraverso tariffe o tasse, i rifiuti speciali invece sono gestiti nel libero mercato con la possibilità per le aziende di rivolgersi per lo smaltimento all'operatore/società specializzata che meglio risponde alle loro esigenze, anche dal punto di vista economico, attraverso la stipula di specifici contratti di natura privatistica.

Ciò nonostante, è possibile fare riferimento a diverse fonti, non ufficiali e di natura eterogenea, in particolare indagini di settore, che riportano l'andamento dei costi di smaltimento, consentendo di raccogliere quanto meno l'ordine di grandezza del fenomeno in esame. Uno studio del Laboratorio REF Ricerche individua una prima fonte nel "Borsino dei rifiuti" che segnala un costo di smaltimento pari in media a 160 euro a tonnellata, valore praticamente raddoppiato rispetto a pochi anni fa, con punte di 240 euro a tonnellata. Più in generale, lo stesso Studio, alla luce delle molteplici fonti esaminate e con riferimento, in particolare, all'industria manifatturiera, stima che l'incremento medio dei costi possa aver superato negli ultimi due anni il 40%, con un aggravio dei costi per il settore manifatturiero di quasi 1,3 miliardi di euro [2].

### *Sottoprodotti e Simbiosi Industriale: benefici economici ambientali e sociali*

Un importante strumento per valorizzare i residui di produzione e renderli nuova risorsa per ulteriori attività produttive riducendo, se non addirittura abbattendo, i costi di gestione dei rifiuti, è rappresentato dalla possibilità di gestire i residui come sottoprodotti creando percorsi di simbiosi industriale.

La simbiosi industriale consiste nel trasferimento di risorse tra due o più industrie dissimili, intendendo con “risorse” i materiali (sottoprodotti o rifiuti), ma anche cascami energetici, servizi, expertise, capacità.

Il residuo di produzione che presenta tutti i requisiti di legge per essere gestito come sottoprodotto può essere trasferito quale “risorsa” da un’azienda ad un’altra con indubbi vantaggi di carattere economico: per l’azienda “cedente” un abbattimento dei costi annuali di gestione dei rifiuti, oltre che un guadagno in caso di vendita; per l’azienda che utilizza i sottoprodotti (risorse secondarie di costo inferiore, a parità di caratteristiche tecnico-operative delle materie prime da acquisire sul mercato) una riduzione dei costi di produzione. Ulteriori benefici economici derivano poi dalla creazione di nuove reti di business, di nuove opportunità di mercato, dal miglioramento delle relazioni delle imprese con i soggetti esterni. A tali vantaggi vanno aggiunti potenziali benefici di carattere sociale che possono avere ricadute non solo sulle singole aziende coinvolte ma anche su scala territoriale. Sotto l’aspetto ambientale, un uso efficiente delle risorse naturali nei processi produttivi riduce la domanda di beni e servizi ecosistemici (acqua, carbone, petrolio, fertilizzanti, ecc.) e determina un minore impatto delle attività produttive (contenimento delle emissioni in acqua e atmosfera, prevenzione e riduzione dei rifiuti e conseguente smaltimento in discarica, ecc.). Dal punto di vista sociale, la gestione di alcuni residui come sottoprodotti può produrre nuova occupazione, la creazione di nuove figure professionali o la riqualificazione della forza lavoro esistente, la riduzione dei costi sociali legati allo smaltimento dei rifiuti, un cambiamento culturale favorendo l’incontro dei diversi interlocutori interessati e la creazione e la condivisione di conoscenza [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Complessivamente la valorizzazione dei residui come sottoprodotti in percorsi di simbiosi industriale consente di ottenere soluzioni di tipo win-win, in cui tutti gli attori coinvolti possono trarre vantaggio dalle reciproche interazioni. La simbiosi industriale è in grado, quindi, di generare un’interazione virtuosa tra imprese e territorio attraverso l’attivazione di processi di collaborazione tra i diversi attori coinvolti. L’implementazione di questo modello di business crea importanti vantaggi al sistema delle imprese e alla collettività, sia in termini economici che ambientali grazie ad un incremento della competitività complessiva dei sistemi produttivi locali, ad una riduzione della pressione

sui servizi ecosistemici e sulla biodiversità di un territorio, ad un miglioramento della qualità della vita delle comunità [9, 10].

#### *La metodologia dell'ENEA a supporto dell'implementazione di percorsi di simbiosi industriale*

Sulla base dell'esperienza maturata negli ultimi anni attraverso diversi progetti di ricerca sia a livello nazionale che europeo, ENEA ha sviluppato una metodologia innovativa [11] per lo svolgimento dell'audit delle risorse aziendali al fine di supportare l'implementazione di azioni di economia circolare, aumentare l'efficienza delle risorse e promuovere la simbiosi industriale [12] favorendo le sinergie tra imprese attraverso tavoli di condivisione delle risorse, stimolando le aziende a cooperare secondo un approccio di Parco Ecoindustriale, o anche attraverso la realizzazione di reti di imprese e/o imprese che gestiscono in maniera condivisa risorse analoghe, ad esempio attraverso la realizzazione di impianti baricentrici per favorire economie di scala.

Le esperienze maturate a diretto contatto con le aziende hanno consentito di avere una visione applicativa della simbiosi industriale e delle difficoltà operative e gestionali, tra cui le difficoltà giuridico amministrative nell'applicazione della disciplina del sottoprodotto.

#### *La disciplina nazionale del sottoprodotto*

La disciplina nazionale del sottoprodotto si colloca nella Parte IV (Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati) del d.lgs. n.152/2006[13]. Quest'ultimo, all'art. 183, comma 1, lett. qq), definisce il sottoprodotto come *“qualsiasi sostanza od oggetto che soddisfa le condizioni di cui all'art. 184-bis, comma 1, o che rispetta i criteri stabiliti in base all'art. 184-bis, comma 2”*.

L'art. 184-bis, comma 1, in attuazione della Direttiva sui rifiuti 2008/98/Ce (art.5), stabilisce le condizioni che la sostanza od oggetto deve soddisfare per essere considerata un sottoprodotto e non un rifiuto. Il legislatore richiede siano tutte, contestualmente, soddisfatte affinché una data sostanza od oggetto sia qualificato come sottoprodotto. In mancanza, la sostanza o l'oggetto deve essere considerato un rifiuto e come tale gestito. Poiché la disciplina relativa ai sottoprodotti presenta carattere eccezionale e derogatorio rispetto alla disciplina ordinaria in materia di rifiuti, l'onere della prova circa la sussistenza dei requisiti su elencati deve essere assolto dai soggetti che producono il residuo, lo utilizzano e lo gestiscono come sottoprodotto.

L'art.184-bis al comma 2, prevede poi la possibilità, sulla base delle condizioni previste al comma 1, di adottare misure per stabilire criteri qualitativi o quantitativi da soddisfare affinché specifiche tipologie di sostanze o oggetti siano considerati sottoprodotti e non rifiuti. All'adozione di tali criteri si provvede con uno o più decreti del Ministro dell'Ambiente.

Completa il quadro normativo nazionale in tema di sottoprodotti, il Decreto Ministeriale 13 ottobre 2016, n. 264 (“Regolamento recante criteri indicativi per agevolare la dimostrazione della sussistenza dei requisiti per la qualifica dei residui di produzione come sottoprodotti e non come rifiuti”) [14] entrato in vigore il 2 marzo 2017. Come precisato anche dalla Circolare esplicativa n.7619 del 30 maggio 2017 [15], il DM 264/2016 non innova in alcun modo la disciplina sostanziale generale di settore ma ambisce ad essere uno strumento chiarificatore a disposizione degli operatori delle Amministrazioni e degli organi di controllo per agevolare la dimostrazione della sussistenza dei requisiti di cui all’art. 184-bis. Il DM 264/16, inoltre, al fine di promuovere il trasferimento e la cessione dei sottoprodotti, prevede l’istituzione presso le Camere di Commercio di un Elenco pubblico dei sottoprodotti nel quale possono iscriversi i produttori ed utilizzatori di sottoprodotti. Come chiarito dalla Nota esplicativa prot.3084 del 3 marzo 2017 del Ministero dell’Ambiente [16], l’iscrizione nell’elenco dei sottoprodotti non costituisce requisito abilitante ma ha soltanto funzione conoscitiva e di mera facilitazione degli scambi. La qualifica di un materiale come sottoprodotto prescinde dall’iscrizione del produttore o dell’utilizzatore in questo elenco, essendo detta qualifica di carattere oggettivo e legata alla dimostrazione della sussistenza dei requisiti richiesti dall’articolo 184-bis del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

#### *Le normative regionali*

L’ordinamento giuridico italiano trasferisce alle Regioni alcune competenze in materia di rifiuti tra cui la predisposizione dei piani regionali di gestione, la promozione della gestione integrata, l’incentivazione alla riduzione della produzione dei rifiuti ed al recupero degli stessi. Al fine della riduzione della produzione dei rifiuti, in particolare, alcune Regioni italiane quali, a titolo di esempio, l’Emilia Romagna e la Toscana, risultano particolarmente attive nel promuovere il mercato dei sottoprodotti.

La Regione Emilia Romagna ha attivato con legge regionale 16/2015 sull’economia circolare [17], tra gli strumenti di prevenzione, il "Coordinamento permanente sottoprodotti" costituito dai principali attori del settore (rappresentanti della Regione, di ARPA Emilia-Romagna, del Tavolo Regionale dell’Imprenditoria, di Confindustria e di Coldiretti). Con deliberazione della Giunta regionale n. 2260/2016[18] ha poi istituito l’Elenco regionale dei sottoprodotti. A valle dell’Elenco regionale, è prevista la formalizzazione con determina dirigenziale delle caratteristiche dei processi produttivi (contenuti all’interno di una specifica scheda) e dei sottoprodotti da essi derivanti per le diverse filiere identificate (attualmente otto).

La Regione Toscana, a sua volta, con la recente Delibera di Giunta Regionale n.12 del 13/01/2020[19] ha pubblicato le “Prime Linee Guida per l’applicazione del regime di sottoprodotto nell’industria tessile” e con Legge regionale 4 giugno 2020, n. 34,

“Disposizioni in materia di economia circolare per la gestione dei rifiuti” [20], ha previsto la possibilità di adottare altre linee guida in materia di sottoprodotti, per individuare modalità operative e risolvere problemi applicativi relativamente all’articolo 184 bis comma 1 del D.L.vo 152/2006.

*Sottoprodotti: criticità operative e problemi interpretativi*

Nonostante alcuni importanti passi in avanti per chiarire l’applicazione in Italia della fattispecie del sottoprodotto, persistono difficoltà applicative che rallentano una sistematica e organica applicazione del sottoprodotto e della simbiosi industriale quale normale prassi di gestione dei residui di produzione:

- Benché l’utilizzo del residuo di produzione come sottoprodotto in presenza di tutte le condizioni fissate dall’art. 184-bis comma 1 del D.L.vo 152/06 non necessita di alcuna autorizzazione per le imprese e comporta senz’altro indubbi benefici gestionali ed economici, la natura generale di alcune delle condizioni fissate dal citato art. 184-bis comma 1 non agevola l’onere probatorio, con ricadute negative sia per le imprese che per gli organi di controllo. Il DM 264/16, sotto tale aspetto, rappresenta uno strumento utile ma non risolutivo. Anche al fine di creare una base comune per produttori ed organi di controllo suggerisce alcuni strumenti/modalità la cui utilizzazione è però l’effetto di una adesione volontaria. Permangono, pertanto, difficoltà applicative per gli operatori del settore sul piano dell’onere probatorio, specie per quanto attiene al requisito dell’*utilizzo diretto senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale* (lett. c, comma 1 dell’art. 184-bis del D.L.vo 152/06), uno tra i più discussi, come dimostrano le numerose pronunce della giurisprudenza penale sull’argomento. Queste ultime, spesso non univoche, privilegiano a volte le tesi più restrittive e, in alcuni casi, disorientano gli operatori, rendono ancora più complesso il mercato di utilizzo del sottoprodotto. Eppure, l’Europa già dal 2007 con la “Comunicazione interpretativa sui rifiuti e sui sottoprodotti” della Commissione Europea [21] e, poi, nel 2012, con la “Guidance on the interpretation of key provisions of Directive 2008/98 (par. 1.2.4)” [22], ha fornito alle autorità competenti (al controllo) alcuni orientamenti a riguardo.
- A fronte dei benefici suddetti, sotto il profilo sanzionatorio, in caso di mancata dimostrazione di tutte le condizioni suddette, le conseguenze sono di natura penale (gestione non autorizzata di rifiuti ex art.256 T.U. ambiente), cosa che può costituire un deterrente per chi voglia delinquere, ma anche una preoccupazione e/o un disincentivo per chi voglia operare correttamente in mancanza di indicazioni certe sulla reale portata delle condizioni elencate dall’art. 184-bis comma 1. Il controllo da parte degli organi di vigilanza è ovviamente possibile in qualsiasi momento ma,

in mancanza di indicazioni certe e, in presenza, all'opposto, del rischio di incorrere in sanzioni penali, può sempre rimanere il dubbio in capo all'imprenditore che *il gioco non valga la candela*. Risultato: produttori/aziende disincentivati a fare ricorso alla qualifica di sottoprodotti per i residui di produzione che avrebbero potuto essere proficuamente utilizzati in un altro ciclo produttivo. Di fatto, gli interessi in gioco coinvolti sono diversi: da un lato l'interesse ad un vantaggio (anche competitivo) per gli imprenditori attraverso l'uso efficiente delle risorse, senza il rischio di incorrere in pesanti sanzioni, dall'altro la tutela dell'ambiente e della salute da parte dello Stato che non può allentare i controlli, trattandosi di beni primari. Occorre necessariamente pensare a strumenti che, in tempi ragionevolmente rapidi, portino ad un chiarimento legislativo sulle criticità evidenziate perché i soggetti interessati sappiano con certezza se un residuo possa essere gestito o meno come sottoprodotto, senza la *spada di Damocle* di un possibile successivo controllo che lo riqualifichi *a posteriori* ed inopinatamente (in caso di produttore in buona fede) come rifiuto, con le conseguenze penali già indicate per le quali si rimanda all'ampia casistica della giurisprudenza. Criteri chiari che, nel rispetto della tutela dell'ambiente e della salute e in attuazione del principio di prevenzione della formazione dei rifiuti, disincentivino, al contempo, condotte scorrette di utilizzo dello strumento del sottoprodotto come strada più semplice e rapida per lo smaltimento (illegale) di rifiuti.

Infine, come già illustrato, alcune Regioni italiane, con l'obiettivo di contribuire e favorire la riduzione della produzione di rifiuti, hanno creato un sistema di riconoscimento dei sottoprodotti per dare maggiori certezze e sicurezza agli operatori del settore (imprese, autorità di vigilanza e controllo). Nulla esclude che anche altre Regioni italiane, in mancanza di appropriate ed efficaci misure adottate a livello nazionale in tema di sottoprodotti, possano prevedere e istituire all'interno del proprio territorio, in maniera analoga a quanto già fatto dall'Emilia Romagna e dalla Toscana, strumenti quali tavoli tecnici, linee guida, elenchi regionali, specie in presenza di simili o peculiari filiere produttive locali di cui si voglia valorizzare i residui in un'ottica di economia circolare e prevenzione dei rifiuti ma con due potenziali limiti: il riconoscimento strettamente "regionale" del sottoprodotto e la disomogeneità di discipline e situazioni tra Regioni sullo stesso territorio nazionale.

#### *Le "misure appropriate" richieste dalla Direttiva UE 2018/851*

La recente Direttiva 2018/851/UE [23], recepita dall'Italia lo scorso mese di settembre, è intervenuta con modifiche sull'art. 5 (Sottoprodotti) della Direttiva 2008/98/CE sui rifiuti [24], imponendo agli Stati membri di adottare "misure appropriate per garantire che una sostanza o un oggetto, derivante da un processo di produzione il cui scopo



primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto, non sia considerato rifiuto, bensì sottoprodotto” (art. 5 par. 1). Tali misure, secondo il disposto dell’art.5 della Direttiva citata, potranno essere adottate sul piano nazionale con l’adozione di criteri dettagliati sull’applicazione uniforme delle condizioni, a sostanze o oggetti specifici (laddove non siano stati stabiliti criteri a livello dell’Unione), dando priorità alle pratiche replicabili di simbiosi industriale. L’Unione Europea preme, quindi, sugli Stati membri affinché gli stessi diano nuovo impulso alla diffusione dei sottoprodotti e alla simbiosi industriale, in modo da far diventare tale pratica, nel rispetto della normativa di settore, una effettiva realtà di sistema.

#### *Considerazioni finali e proposte operative*

Al fine di superare le difficoltà interpretative ed applicative su evidenziate e agevolare l’utilizzo dei residui di produzione come sottoprodotti si ritengono opportune le seguenti misure e interventi:

- Emanazione di decreti ministeriali (ex art. 184-bis comma 2 del D.lgs. 152/2006) per l’adozione di criteri qualitativi o quantitativi da soddisfare affinché specifiche tipologie di sostanze o oggetti siano considerati sottoprodotti e non rifiuti;
- favorire i processi industriali innovativi e facilitare gli accordi produttivi tra imprese (simbiosi industriale) grazie ai quali i residui di produzione dell’una possano diventare fattori di produzione per l’altra;
- istituire a livello nazionale una Commissione Tecnica o Tavolo tecnico che preveda il coinvolgimento dei principali stakeholder per meglio inquadrare le esigenze/difficoltà applicative della normativa vigente e così fornire supporto al Governo centrale e/o ai Ministeri competenti nell’adozione di “misure appropriate”, a partire dall’adozione di criteri dettagliati per l’applicazione uniforme delle condizioni dell’art. 184-bis comma 1 del D.lgs. 152/2006 (per specifiche tipologie di sostanze od oggetti) e/o attraverso la modifica dello strumento di regolamentazione già esistente con la partecipazione anche di rappresentanti delle autorità di vigilanza e controllo;
- favorire accordi di programma in materia di sottoprodotti e coordinare le iniziative Stato-Regioni, per evitare situazioni difformi sul territorio nazionale;
- favorire la creazione e l’adozione di una Banca dati nazionale, open-access, che per ciascuna tipologia di residuo consenta di individuare alcune tra le possibili destinazioni produttive, tenuto conto di percorsi ed esperienze di simbiosi industriale già consolidati a beneficio della loro replicabilità e con indicazione, a tal fine, ove esistenti, dei requisiti tecnici da soddisfare consentire l’effettivo incontro tra offerta e richiesta di risorse;

- sulla base anche di quanto previsto dal DM 264/16, art. 6 comma 2, sul punto della “normale pratica industriale”, progettare o ri-progettare il processo produttivo aziendale includendo le attività e le operazioni indispensabili affinché il residuo di produzione, sin dall’origine e in funzione della sua specifica destinazione, abbia le caratteristiche che permettono di qualificarlo come sottoprodotto;
- implementare un sistema di supporto tecnico per le aziende, quale la Piattaforma nazionale di Simbiosi Industriale ENEA, anche con sportelli regionali, che consenta di individuare le opportunità di valorizzazione delle risorse eccedenti sotto il profilo tecnico-scientifico e all’interno di una cornice normativa delineata, consentendo al contempo l’incrocio della domanda e offerta sul territorio;
- promuovere le attività di formazione di tutti gli stakeholder sulla disciplina dei sottoprodotti.

#### References

1. Ispra (2020). Rapporto Rifiuti Speciali, Edizione 2020, Rapporti n. 321/2020 ISBN 978-88-448-1009-2.
2. REF Ricerche (2020). Laboratorio REF Ricerche, Contributo n. 143, Gestione dei rifiuti: per le imprese costi in aumento, febbraio 2020
3. Chertow M.R. (2007). ““Uncovering” industrial symbiosis”, *Journal of Industrial Ecology*, vol. 11, n. 1, pp. 11-30.
4. Cutaia L., Landolfo P., Morabito R. (2012). “Ecologia industriale e simbiosi industriale”, in Cutaia L., Morabito R. (a cura di), *Sostenibilità dei sistemi produttivi strumenti e tecnologie verso la green economy*, Enea, Roma.
5. Mirata M. (2004). Experiences from early stages of a national industrial symbiosis programme in the UK: determinants and coordination challenges, *Journal of Cleaner Production*, vol.12, n.8, pp.967-983.
6. Mirata M., Pearce R. (2006). Industrial symbiosis in the UK, in Green K. and Randles S. (eds). *Industrial ecology and spaces of innovation*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK, and Massachusetts, USA.
7. Desrochers P., Leppälä S. (2010). “Industrial symbiosis: old wine in recycled bottles? Some perspective from the history of economic and geographical thought”, *International Regional Science Review*, vol. 3, n. 3, pp. 338-361.
8. WWF (2012). *Living Planet Report 2012*, WWF-International, Gland.
9. La Monica M., Cutaia L., Franco S. (2014). “La simbiosi industriale come modello per lo sviluppo sostenibile dei sistemi economici territoriali”, *Atti del XXVI Convegno annuale di Sinergie “Manifattura: quale futuro?”*, pp. 151-164.
10. Gessa R., Conti G. (2010). “Parchi Eco Industriali e simbiosi industriale”, *Ambiente*

Risorse Salute, vol. 4, n. 127, pp. 6-13.

11. Cutaia L, Beltrani T, Fantin V, Mancuso E, Scaffoni S, La Monica M. (2020). Resources audit as an effective tool for the implementation of industrial symbiosis paths for the transition towards circular economy. Springerbook: Industrial Symbiosis for the Circular Economy. ISBN 978-3-030-36660-5.
12. Cutaia L, Morabito R, Barberio G, Mancuso E, Brunori C, Spezzano P, Mione A, Mungiguerra C, Li Rosi O, Cappello F (2014). The Project for the Implementation of the Industrial Symbiosis Platform in Sicily: The Progress After the First Year of Operation. In: Pathways to Environmental Sustainability. Methodologies and Experiences, XXIII, ISBN 978-3-319-03825-4 and ISBN 978-3-319-03826-1.
13. Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale”, G.U. n. 88 del 14 aprile 2006.
14. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, DECRETO 13 ottobre 2016, n. 264, Regolamento recante criteri indicativi per agevolare la dimostrazione della sussistenza dei requisiti per la qualifica dei residui di produzione come sottoprodotti e non come rifiuti (17G00023), GU Serie Generale n.38 del 15-02-2017.
15. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, Circolare 30 maggio 2017, prot. n. 7619, “Circolare esplicativa per l'applicazione del decreto ministeriale 13 ottobre 2016, n. 264”.
16. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, Direzione Generale per i rifiuti e l'inquinamento, Nota esplicativa prot.3084 del 3 marzo 2017, recante “Art. 10 del DM del 13 ottobre 2016, n. 264 – Regolamento recante criteri indicativi per agevolare la dimostrazione della sussistenza dei requisiti per la qualifica dei residui di produzione come sottoprodotti e non come rifiuti - elenco pubblico istituito presso le Camere di Commercio territorialmente competenti -Chiarimenti interpretativi”.
17. Regione Emilia Romagna, Legge regionale 05 ottobre 2015, n. 16 Disposizioni a sostegno dell'economia circolare, della riduzione della produzione dei rifiuti urbani, del riuso dei beni a fine vita, della raccolta differenziata e modifiche alla legge regionale 19 agosto 1996 n. 31 (disciplina del tributo speciale per il deposito in discarica dei rifiuti solidi).
18. Regione Emilia-Romagna, Deliberazione della giunta regionale 21 dicembre 2016, n. 2260, Istituzione dell'Elenco regionale dei sottoprodotti.
19. Regione Toscana, Delibera di Giunta Regionale n.12 del 13/01/2020, “Prime linee guida per l'applicazione del regime di sottoprodotto nell'industria tessile”.

20. Regione Toscana, Legge regionale 4 giugno 2020, n. 34 Disposizioni in materia di economia circolare per la gestione dei rifiuti. Modifiche alla l.r. 60/1996 . Bollettino Ufficiale n. 51, parte prima, del 10 giugno 2020.
21. Commissione delle Comunità Europee, Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo relativa alla Comunicazione interpretativa sui rifiuti e sui sottoprodotti, Bruxelles, 21.2.2007COM(2007) 59 finale.
22. Commissione Europea , “Guidance on the interpretation of key provisions of Directive2008/98/EC on waste”, giugno 2012.
23. Direttiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018 che modifica la direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti.
24. Direttiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive.

# RELAZIONI BREVI DA CALL FOR PAPER



# IL GRUPPO DI INTERESSE SU TEMATICHE AMBIENTALI QUALE BEST PRACTICES DELLA TERZA MISSIONE DELL'UNIVERSITÀ

Agata Matarazzo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Economia e Impresa, Università di Catania, Corso Italia 55,95129, Catania, Italia

(E-mail: [amatara@unict.it](mailto:amatara@unict.it))

\*Corresponding author

---

Il Gruppo di interesse su tematiche ambientali coordinato dalla professoressa Agata Matarazzo, associato di scienze merceologiche presso il Dipartimento Economia e Impresa dell'Università degli Studi di Catania è composto da diversi studenti dei corsi di studio di Economia aziendale e di Direzione aziendale afferenti allo stesso Dipartimento. Il Gruppo, nato nel giugno 2016 ha per scopo il trasferimento della conoscenza sulle tematiche inerenti la sostenibilità ambientale ed etica alla società civile, attraverso un processo interattivo università-economia-società basato su alcune azioni chiave:

- valorizzazione della formazione universitaria ed applicazione dei risultati della ricerca;
- formazione delle risorse umane, studenti, imprenditori, operatori della pubblica amministrazione;
- promozione della cultura della gestione ecosostenibile aziendale e territoriale;
- riconoscimento e confronto con le realtà produttive locali, contribuendo alla crescita sociale e all'indirizzo culturale del territorio.

Gli strumenti operativi per attuare tali obiettivi sono diversi e tutti di pari importanza, fra cui:

- organizzazione di convegni, seminari e workshop basati su tematiche fondamentali di sviluppo sostenibile, green economy, green finance, certificazioni volontarie, fonti energetiche rinnovabili, ecc; tali eventi coinvolgono studenti, docenti universitari, istituzioni pubbliche e private, operatori economici nella regione siciliana, imprenditori che operano già in ottica di sostenibilità;
- visite aziendali in processi produttivi che attuano strategie di politica ambientale e compiono investimenti nell'ottica della economia circolare;
- stesura di tesi, paper, progetti di ricerca che abbiano il fine di analizzare fattibilità tecnica e convenienza economica-finanziaria degli investimenti aziendali in ottica green.

Le tematiche affrontate dal Gruppo di interesse sono ispirate alle recenti iniziative dell'Unione Europea orientate al Green New Deal, su cui Parlamento e Commissione Europea hanno deciso di puntare come cammino strategico finalizzato a ridurre al minimo gli impatti ambientali; tali iniziative in particolare coinvolgono l'economia circolare, la simbiosi industriale, la gestione dei rifiuti.

L'Economia circolare indica un'economia in grado di minimizzare la produzione di rifiuti e inquinanti e, al contempo, di ridurre al minimo l'utilizzo di energia e materie prime attraverso una ciclicità dei flussi di materia, simile a quella che avviene in natura. È un approccio che viene definito dalla "culla alla culla", poiché implica la necessità che gli scarti e i rifiuti divengano risorse per un nuovo ciclo produttivo.

Sotto questo punto di vista, un ruolo primario è rivestito dalla gestione integrata dei rifiuti, la quale si occupa dell'insieme delle attività (raccolta, recupero di materia, energetico e smaltimento) finalizzate a rendere il più efficace possibile lo smaltimento dei rifiuti con particolare attenzione alla riduzione dello spreco (risorse naturali ed energia) ed alla limitazione dei pericoli per l'ambiente. L'economia circolare contribuisce all'ottenimento di un'efficiente allocazione delle risorse e ad una conseguente riduzione dell'impatto ambientale prodotto; tale meccanismo sinergico è fondamentale nel settore dei RAEE, rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche

Nell'ottica della riduzione dei cambiamenti climatici, sono stati anche introdotti strumenti di green marketing che il gruppo suggerisce alle aziende al fine di intraprendere un discorso di corretta comunicazione con gli stakeholder. In particolare, la comunicazione basata sulla Carbon FootPrint (CFP): un parametro atto a stimare, monitorare, rendicontare e verificare le emissioni di gas serra (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>) causate da un prodotto od un servizio. Tale indicatore è utilizzato per la determinazione degli impatti ambientali che le emissioni hanno sui cambiamenti climatici causati dall'uomo.

Una delle più moderne frontiere della Green economy è la riduzione degli sprechi, la minimizzazione del consumo di risorse naturali, attribuendo il giusto prezzo all'energia con l'inclusione delle esternalità. L'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile definisce 17 obiettivi da raggiungere tra cui il secondo si propone di porre fine alla fame, raggiungere la sicurezza alimentare, migliorare la nutrizione e promuovere un'agricoltura sostenibile e quindi contribuire alla riduzione dello spreco alimentare. Nel mondo oltre un terzo del cibo prodotto ogni anno per il consumo umano, cioè circa 1,3 milioni di tonnellate, va perduto o sprecato; ciò comporta delle gravose perdite lungo la catena alimentare e costituisce un problema molto importante anche per le aziende della GDO. Pertanto

implementare strategie volte a trasformare questo problema in una risorsa potrebbe comportare dei vantaggi dal punto di vista ambientale, economico e sociale.

La digitalizzazione dei processi aziendali è un obbligo derivante dal contesto sociale ed economico in cui si opera attualmente: non sono solo le norme a spingere verso questo obiettivo, ma anche le esigenze di business e di gestione corretta dei documenti digitali.

I comportamenti definiti socialmente responsabili sono sempre più al centro delle politiche di gestione aziendale, in quanto rappresentano un valore intrinseco dell'impresa stessa e portano benefici non solo in termini economici. Per Corporate social responsibility si intende l'integrazione di preoccupazioni di natura etica all'interno della visione strategica d'impresa. Essa coinvolge tutti coloro che vantano un interesse di fatto a partecipare alla gestione dell'impresa stessa, comprendendo sia soggetti che hanno un rapporto contrattuale con l'impresa (consumatori, fornitori, dipendenti), sia coloro che non sono legati da un rapporto specifico. Uno degli strumenti maggiormente adoperati dalle imprese per intraprendere un percorso socialmente responsabile è la norma ISO 26000, realizzata con l'intento di aiutare le organizzazioni a contribuire allo sviluppo sostenibile e di incoraggiarle ad andare al di là del mero rispetto delle leggi.

Il tema della Simbiosi industriale, che si basa sul principio dell'economia circolare, acquisisce sempre maggiore rilevanza nell'ottica di uno sviluppo sostenibile; esso si basa sul principio di autorigenerazione, processo nel quale gli scambi di materie prime, scarti di lavorazione, energia, acqua, servizi e competenze sono progettati al fine di creare il cosiddetto "ciclo chiuso", posto in alternativa al classico modello lineare dei sistemi produttivi.

Seguendo il filone sostenibile, soprattutto negli ultimi anni, si sono diffusi sempre più i così detti "Green Buildings", strutture costruite tramite processi ecologicamente responsabili e che mantengono caratteristiche efficienti per tutto il ciclo di vita dell'edificio riguardo a scelta del sito, progettazione, costruzione, efficienza energetica e gestionale, manutenzione, ristrutturazione e fino alla decostruzione. Questo concetto è applicabile anche nel campo dell'edilizia pubblica, in cui la costruzione d'impianti e di infrastrutture deve rispondere alle condizioni di equilibrio finanziario, di convenienza economica di una pluralità di individui, di obiettivi sociali ed al raggiungimento del massimo risultato compatibile con le risorse disponibili.



# DECARBONIZZAZIONE DEL SETTORE INDUSTRIALE CEMENTIERO – PRODUZIONE DI COMBUSTIBILE SOLIDO DAI RIFIUTI NON PERICOLOSI

Giada Bruno<sup>1</sup>, Tommaso Alberto Vazzano<sup>1\*</sup>, Agata Matarazzo<sup>1</sup>, Valerio Del Fiume<sup>1</sup>, Salvatore Pulvirenti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Economia e Impresa, Università di Catania, Corso Italia 55, 95129, Catania, Italia

<sup>2</sup>CON.TE.A. – Sede legale Via Campo Sportivo – 95045 Misterbianco – Catania (Italia)

(E-mail: albertovazzano94@gmail.com)

\*Corresponding author

---

## ABSTRACT

The Circular Economy indicates an economy able to minimize waste and pollutants production and, in the meanwhile, to shut down energy and raw material availability through a cyclical flow of matter similar to that which occurs in nature. It is an approach defined as "cradle to cradle", since it implies the need for scraps and waste to become resources for a new production cycle. From this point of view, a primary role is played by integrated waste management, which concerns all the activities (collection, recovery of materials, energy and disposal) aimed at making waste disposal as effective as possible with regard to reducing waste (natural resources and energy) and the limitation of environmental hazards. About this, the work concerns the management of special non-hazardous waste and the innovative techniques adopted for energy recovery from these: the goal of the study, in fact, is to investigate the possibility of producing a solid fuel (RDF - Refuse Derived Fuel) from special waste management residues. To that end, we analyzed the case study CON.TE.A., a consortium located in Misterbianco (Catania) - Italy, whose plant is divided into two macro-sectors dedicated to the selection of packaging collected in differentiated form, transformation of the pruning of the green residues into compost and of the inert waste into construction material. In particular, the RDF is produced, within the consortium, through the mechanical-biological treatment which is a process divided into mechanical pre-treatments, biological treatments and mechanical post-treatments. Our case study shows that, considering the high environmental impact caused by the cement industry, by replacing fossil fuels with RDF, an exponential cut in the CO<sub>2</sub> quotas would be obtained and therefore a significant annual saving for Italy.

*Keywords: Circular economy; RDF; Waste management; Sustainable process; mechanic-biologic treatment*

## Introduzione

L'elaborato si focalizza su una particolare forma di recupero energetico dai rifiuti chiamato Combustibile Solido- End of Waste e sui vantaggi scaturenti dal suo impiego nei cementifici in luogo ai combustibili di origine fossile. A tal fine l'elaborato presenta il caso studio CON.TE.A., acronimo di Consorzio tecnologie per l'ambiente, che opera da oltre un decennio nel settore dei servizi ambientali sul territorio siciliano, presso lo stabilimento di Misterbianco, in provincia di Catania. Il Consorzio svolge: attività di recupero R13, consistente nella selezione ed eventuale riduzione volumetrica, di rifiuti di imballaggi in plastica e in carta e cartone, di rifiuti di imballaggi in vetro, di rifiuti in legno, di rifiuti in metallo e di pneumatici fuori uso e di rifiuti di imballaggi in più materiali; attività di recupero R5 e R3, per i rifiuti derivanti dalla manutenzione del verde e gli inerti, consistenti nel processo di creazione di materia prima secondaria. Il Consorzio, inoltre, è autorizzato alla produzione dei combustibili alternativi derivati dai rifiuti (ovvero i cosiddetti CDR) ma intende ottenere l'autorizzazione alla produzione del CSS-End of Waste e progettare l'area da destinare alla seguente attività. Tale combustibile è stato introdotto dal decreto del 14 febbraio 2013, n. 22, il quale statuisce dei precisi valori limite che i parametri del combustibile devono necessariamente registrare affinché quest'ultimo possa perdere la qualifica di rifiuto: semplificando al massimo, le concentrazioni di cloro e mercurio devono essere bassissime e il potere calorifero (PCI) dev'essere maggiore di 20 MJ/Kg tal quale. Il progetto dell'impianto prevede che quest'ultimo sia principalmente alimentato da sovvalli e scarti industriali (rifiuti speciali), per la produzione di CSS di alta qualità, e che sia installato all'interno di un capannone industriale la cui struttura è chiusa ed in costante depressione al fine di evitare emissioni verso l'esterno. Il processo di produzione del CSS prevede che inizialmente, i rifiuti in ingresso vengano sottoposti a un trattamento di natura meccanica (eseguito a freddo), volto a ridurre le dimensioni e selezionare i frammenti così ottenuti, separando le componenti utilizzabili da quelle estranee (come i materiali inerti e le sostanze biodegradabili). Le differenti frazioni di materiale vengono separate in base al loro peso, dimensioni e composizione. Al termine delle fasi di vagliatura e selezione si procede alla raffinazione finale. La massa iniziale dei rifiuti, ridotta in frammenti, viene ulteriormente lavorata per assumere la forma di pellet. La sostituzione calorica dei combustibili fossili con fonti energetiche alternative è passata in Italia dal 17,3% del 2017 al 19,7% del 2018. L'industria del cemento italiana è però ancora lontana dai livelli di sostituzione termica dei propri concorrenti europei. Per esempio il settore cementiero della Germania, ha sfruttato da prima la possibilità di utilizzare combustibili alternativi portando il livello di sostituzione calorica al 66% nel 2018. Le cementerie italiane sarebbero tecnologicamente in grado di raggiungere da subito livelli di utilizzo almeno pari a quelli della Germania: il comparto cemento in Italia vale sui 9 miliardi di

fatturato, occupa 4 mila addetti in poco meno di 3.000 aziende dell'intera filiera, dalla materia prima ai semilavorati di queste, 24 sono cementifici. Numeri che fanno dell'Italia la seconda potenza cementiera europea dopo la Germania. Purtroppo in Italia il basso impiego del CSS è dovuto, innanzitutto, al complesso iter burocratico, al mancato incontro tra domanda e offerta e alle complesse procedure di classificazione e caratterizzazione previste dalla norma. Ma immaginando che l'Italia dal 19,7% attuale raggiungesse un target del 66% potrebbero essere bruciate nei cementifici italiani più di 1,9 milioni di tonnellate di CSS Combustibile. Queste verrebbero prodotte trattando e sottraendo al circuito dello smaltimento l'equivalente di oltre 3,6 milioni di tonnellate di rifiuti. Il bilancio ambientale registrerebbe un saldo nettamente positivo, con una riduzione di emissioni pari a 6,8 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti. A queste, si sommano poi le tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti di metano non immesse nell'atmosfera dagli scarti che, anziché essere conferiti in discarica (5,5 milioni), vengono valorizzati energeticamente dall'industria cementiera. Si ha, poi, anche una riduzione di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e di zolfo (SO<sub>2</sub>). Inoltre dal punto di vista economico l'industria cementiera registrerebbe un risparmio di 464 milioni di euro all'anno, in virtù di minori costi per lo smaltimento dei rifiuti, per l'evitata importazione di pet coke e per le quote di CO<sub>2</sub> non emesse. Un impiego del CSS su più vasta scala andrebbe a migliorare anche il bilancio energetico italiano, pressoché totalmente dipendente dall'import.

# IL RIUTILIZZO DEL GESSO COME MATERIA PRIMA SECONDA IN BIOEDILIZIA NELL'OTTICA DELLA SIMBIOSI INDUSTRIALE

Martina Basile<sup>1</sup>, Sofia Conti<sup>1\*</sup>, Sergio Arfo<sup>1</sup>, Agata Matarazzo<sup>1</sup>, Emanuele Cirino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Economia e Impresa, Università di Catania, Corso Italia 55, 95129, Catania, Italia

<sup>2</sup>Gipsos S.r.l. – III Strada 29 Zona ind.le, 95121 – Catania, Italia

(E-mail: [sofyconti@gmail.com](mailto:sofyconti@gmail.com))

\*Corresponding author

---

## ABSTRACT

Nowadays it is necessary to redesign the cyclic industrial metabolism for creating a virtuous circle and replace the concept of “end of life” with the one of “reconstruction”. This is possible only if we move from a “cradle to grave” to a “cradle to cradle” approach in the view of circular economy. The building sector, which has always been the cause of high energy consumption and significant CO<sub>2</sub> emissions both in the production phase and in the use and demolition of buildings, needs to make important changes. The latest technological innovations, the use and reuse of different types of sustainable materials and the possibility to power factories with renewable energy, led to a new concept of building called Green Building. The aim of the paper is to identify a strategy for applying the circular economy to the building sector through the use of gypsum, a natural and completely recyclable material. Our case study will be applied on “Gipsos Srl”, a sicilian company located in Raddusa (CT) which is national leader for the extraction, cultivation and processing of gypsum, which is extracted through the “open air” technique directly from the quarry owned by the company. The case study will be about the implementation of a new productive line for the creation of plasterboard which, through specific recycling processes and grinding, selection, cooking and refining operations, ceases to be a special waste. In this way the gypsum will be fully recovered and reintroduced endlessly in the production process of both the company's current products and the plasterboard itself, without affecting the quality of the gypsum and its chemical composition. The advantages are related to the exploitation of plasterboard discarded from renovations and the use of water recovered by the calcination of virgin gypsum as process water for the production of plasterboard panels.

**Keywords:** *Green Building; Recycling; Gypsum; Circular Economy; Second raw material*

## Introduzione

Gli impatti negativi dell'edilizia tradizionale hanno portato l'intero settore alla progettazione e costruzione di edifici sostenibili e ad un maggiore interesse verso nuovi materiali che garantiscano una perfetta integrazione con l'ambiente e un'ottima riciclabilità. Il gesso è tra i materiali più utilizzati in bioedilizia in quanto si tratta di un materiale assolutamente naturale, inodore e atossico. La pietra da gesso è molto abbondante in natura, l'Italia, in particolare, ne è ricca, si pensi ai giacimenti situati lungo il lago d'Iseo, a quelli nel versante adriatico, oppure ai giacimenti presenti in Sicilia, in cui la formazione gessoso-solfifera è dovuta alla crisi di salinità della zona di Messina, tuttavia il bacino di interesse comprende anche le province di Agrigento, in parte Trapani, Caltanissetta, Enna e diverse zone dell'entroterra. Impiegato da oltre cinquemila anni in edilizia, grazie alle sue caratteristiche, l'utilizzo del gesso ad oggi è stato esteso a nuovi campi applicativi fra cui quello delle materie plastiche, degli elementi prefabbricati per costruzioni e dell'isolamento termo-acustico.

Oggetto del caso studio è la Gipsos S.r.l, un'azienda situata a Raddusa, da 50 anni leader nel panorama nazionale per l'estrazione, la coltivazione e la lavorazione industriale del gesso. Tra gli output di Gipsos abbiamo una vasta gamma di prodotti premiscelati confezionati con gesso cotto. La fase più delicata del processo produttivo di Gipsos, infatti, è senza dubbio la cottura del gesso crudo che avviene tramite il forno rotativo Greblex a ciclo continuo. A testimonianza dell'attenzione che l'azienda dimostra nei confronti della variabile ambientale, è bene sottolineare come il forno sia servito da tre bruciatori di nuova generazione alimentati con gas metano, il che consente già di per sé di ottenere un notevole abbattimento di emissioni. Inoltre, l'azienda si preoccupa di verificare costantemente tutte le emissioni del forno tramite dei rapporti di prova effettuati annualmente e dei campionamenti sul funzionamento dell'impianto.

Allo scopo di aderire al progetto europeo gipsum to gipsum (G2G), volto a modificare il modo in cui i rifiuti in gesso vengono trattati e al raggiungimento di elevati tassi di riciclaggio in tutta Europa, l'azienda Gipsos S.r.l. intende implementare, per prima in tutta la Sicilia, nel prossimo decennio un nuovo impianto di recupero del cartongesso, trasformando così i rifiuti in gesso in una nuova risorsa. Diversi sono i vantaggi derivati dal riciclaggio del cartongesso. Tra questi sicuramente il fatto che il cartongesso è un rifiuto speciale non inerte non pericoloso il cui smaltimento in discarica può comportare la formazione di gas pericolosi. In più, i rifiuti in gesso e la domanda in gesso sono in aumento nel prossimo decennio, anche in Sicilia.

## Nuovo impianto di recupero del cartongesso

Il nuovo impianto preso in considerazione dall'azienda presenta diverse fasi:

- Raccolta del cartongesso dismissedo tramite stazioni di trasferimento nelle quali il materiale viene trasportato tramite trasportatori di rifiuti idonei.
- Separazione del gesso dalla carta e dalle componenti metalliche.
- Controllo della purezza della materia prima, il gesso.
- Recupero finale del gesso in particelle di dimensioni varabili (solitamente non più di 1 millimetro)

In conclusione, possiamo dire che il nuovo impianto permetterebbe di smaltire fino a 100.000 tonnellate l'anno di cartongesso. Nello specifico, per quanto riguarda la Gipsos, consentirebbe di ottenere un input per lo sviluppo di successive tecnologie in grado di gestire in maniera ancora più efficiente la produzione e il riciclo del gesso. Sicuramente costituirebbe una fonte importante di guadagno per la società che intende implementarlo. Diversi progetti pilota per il ritrattamento e riutilizzo della polvere da gesso hanno raggiunto l'obiettivo del 30% di gesso riciclato senza alcun impatto negativo sul cartongesso.

Il business plan di seguito riportato (Tabella 1) ci conferma che l'investimento c'è ed è principalmente relativo al costo dell'impianto e del personale specializzato. Ma i ricavi riescono tranquillamente a coprire l'investimento, derivando sia dal conferimento del cartongesso dismissedo, che dalla vendita del successivo gesso riciclato.

<b>RICAVI ANNUALI</b> (da conferimento 60€t e da vendita 8€t)	<b>676.000€</b>
<b>COSTI DI PRODUZIONE ANNUALI</b>	<b>154.300€</b>
<b>RISULTATO OPERATIVO</b>	<b>436.700€</b>
<b>UTILE NETTO</b>	<b>331.189€</b>

**Tabella 1:** Bussiness plan (abbreviato; in €)

# RICICLO DI MATERIE PLASTICHE OTTENENDO MATERIA PRIMA SECONDA IN UN'OTTICA DI ECONOMIA CIRCOLARE

Giuseppe Dugo<sup>1</sup>, Tresa Mancuso<sup>1\*</sup>, Carmelo Massa<sup>1</sup>, Antonio Zerbo<sup>1</sup>, Salvatore Gatto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Dipartimento di Economia e Impresa, Università di Catania, Corso Italia 55, 95129, Catania, Italia*

<sup>2</sup>*Ecoplast – Gela, Zona industriale 4° stada, (CL), 93012 Gela CL, Italia*

*(E-mail: tresiamancuso@gmail.com)*

*\*Corresponding author*

---

## ABSTRACT

Over time, the use of plastic has grown considerably becoming one of the first causes of global pollution, so much that 80-90% of the world's waste is made up of this material which takes a long time to degrade. In this period of time, plastic items can deteriorate or turn into small pieces, that is, in micro and nano plastics. To this end, in fact, on May 21, 2019, a reference regulation was issued to ban disposable plastics with the aim of reducing the use of plastic products dispersed in the environment. Hence the objective of the case study presented, namely to obtain second raw material from plastics to guarantee environmental protection with a lesser impact following a circular economy perspective. In this regard, we present an application case study of the Ecoplast company, based in Gela, Sicily, which operates in the plastics processing sector, representing a sustainable, proactive reality in environmental issues. The goal is to create Eco-design products with added value, through technological innovations, from the recycling of polymers, thus transforming waste into a resource. In fact, the company produces a wide range of outputs going from waste collection bins to items for cleaning the house, kitchen and food utensils, gardening tools, bathroom accessories and much more. Such a technology guarantees above all environmental advantages, since it allows the planet to "breathe", as well as social advantages because everyone may enjoy benefits. Finally, economic advantages are also possible because, on the one hand, costs reductions due to waste are guaranteed, as waste is reintroduced in the production process (with a Zero Waste perspective), on the other hand because there is a market in continuous growth.

*Keywords: Recycling, plastic waste; circular economy; Ecodesign; Second raw material*

## Introduzione

Ci sono diversi modi per dare nuova vita ad un prodotto plastico, il nostro caso studio analizza quello dell'Ecodesign, che è l'attività di direzione e progettazione di un prodotto o di un servizio, che ha come fine ultimo la riduzione dell'impatto ambientale, sia per quanto riguarda la produzione che per l'utilizzo e lo smaltimento finale (del prodotto). L'obiettivo finale è creare prodotti che siano in linea con la domanda del cliente e del mercato e allo stesso tempo minimizzare il conseguente impatto ambientale. I macchinari posseduti dall'azienda sono progettati, proprio per modellare la plastica quale materia prima che dopo l'acquisto è immagazzinata nei depositi della società. Per la maggior parte del tempo viene miscelata con additivi che rendono questo materiale più duro nel tempo. Una volta fissati e scelti, gli articoli sono fabbricati secondo lo schema di produzione, che è stabilito tra il gestore della produzione e il gestore del magazzino. Per quanto riguarda il ciclo di produzione parliamo di due metodologie. La prima è la modellatura soffiaggio e avviene mediante l'utilizzo di aria compressa e plastica semifusa, questa viene soffiata all'interno dello stampo che è formato da due cavità perfettamente simmetriche. Il processo avviene mediante il graduale riscaldamento della plastica attraverso l'utilizzo del tubo di Parison e all'interno dello stampo assume la forma esatta della sua cavità. La seconda è, invece, la modellatura stampaggio a iniezione che è un processo che si svolge orizzontalmente e non dall'alto verso il basso, sempre attraverso un processo graduale di riscaldamento. Il polimero viene mescolato con il colorante all'interno del rame e quest'ultimo spinge e riscalda gradualmente il materiale attraverso una vite senza fine. L'azienda produce diverse linee cercando sempre di coordinare i vari aspetti: funzionale, sensoriale, estetico ed ecosostenibile.

Inoltre costante è il riferimento alla natura nel design. La mission dell'azienda, infatti, è quella di realizzare quasi tutti i nuovi articoli con plastica riciclata. Si stanno studiando anche nuovi materiali per lo stampaggio della plastica, come composti biodegradabili, cioè miscele naturali per lo stampaggio. Per la collezione Ecologic - EcoPlus, oltre l'80% della plastica viene riciclata e presenta inoltre caratteristiche come: resistente alle alte e alle basse temperature; ideale per la raccolta differenziata; flessibile e indeformabile; sistema di identificazione RFID dinamico; stampe (tampografia, serigrafia, IML); colori personalizzabili; rapporto qualità-prezzo. Tra i progetti c'è quello di creare una linea di articoli da bagno realizzati, anche in questo caso, con plastica riciclata. Nello specifico, per quanto riguarda la linea bagno Doga: Tutti gli articoli che verranno realizzati saranno in plastica riciclata e riciclabili al 100%. Per quanto riguarda la collezione Pos design (Leggera, resistente, funzionale): ci sono diversi articoli, ognuno con una propria storia, come ad esempio: Fluid, che è un raffinato tappeto lavello e H<sub>2</sub>O, un innaffiatoio reinventato, pensato per l'uso domestico, per la cura delle piante d'appartamento con



una capienza di tre litri d'acqua. Questa metodologia ha vantaggi ambientali, sociali ed economici. Per quanto riguarda quelli economici e ambientali, fondamentali sono quelli derivanti dalle tecniche di riutilizzo, dove l'azienda ricicla tutti i rifiuti derivanti dal processo produttivo, ma anche per la creazione di nuovi prodotti attraverso l'utilizzo di plastica riciclata. Digni di nota sono i dati dell'azienda per la plastica riciclata (500.000 kg nel 2018, 600.000 kg nel 2019), che dovrebbero aumentare continuamente. Grazie alla plastica riciclata l'azienda risparmia la produzione di oltre 17 milioni di bottiglie vuote all'anno. Inoltre bisogna anche tenere in considerazione il settore energetico, dove l'azienda utilizza solo il 30% della propria capacità produttiva, ottenendo così un importante risparmio energetico, nonché la tempestività nell'evasione degli ordini, anche nelle fasi di sovraccarico di lavoro. Inoltre, l'azienda con l'utilizzo di pannelli solari fotovoltaici soddisfa completamente il proprio fabbisogno energetico, garantendo così un'elevata efficienza nei consumi in azienda, inquinando pochissimo. Risparmiando così 245,00 TON CO<sub>2</sub>. (Producono circa 450.000 kW / anno, il che significa 245,00 TON CO<sub>2</sub> risparmiati). Un altro aspetto importante, che aumenta l'efficienza in azienda e nell'ambiente, è la presenza delle certificazioni: Plastic Second Life, ISO 9001, ISO 14001. Quindi in questo modo contribuisce alla salvaguardia del pianeta aiutandolo a "respirare", ottenendo anche benefici sociali in quanto tutti ne beneficiano ed economici perché, da un lato, consente la riduzione dei costi dovuti agli sprechi, che vengono reintrodotti nel processo produttivo (in un'ottica di Zero Waste); dall'altro perché c'è un mercato in continua crescita.

# INNOVAZIONI TECNOLOGICHE SOSTENIBILI PER IL RECUPERO DEL TEGUMENTO DELLA MANDORLA DI AVOLA

Cancemi Cristina<sup>1</sup>, Ragaglia Federica<sup>1\*</sup>, Vasques Pablo<sup>1</sup>, Agata Matarazzo<sup>1</sup>, Paolo Munafò<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Economia e Impresa, Università di Catania, Corso Italia 55, 95129, Catania, Italia

<sup>2</sup>Munafò srl, Via Dottor Giuseppe Riscica 4, 96012, Avola, Siracusa, Italia

(E-mail: [Federagaglia@virgilio.it](mailto:Federagaglia@virgilio.it))

\*Corresponding author

---

## ABSTRACT

Nowadays Primary sector has important effects on the natural world and aims to achieve Green New Deal goals, in order to promote natural resource rational use and waste recovery, improving quality of life. Italy is a model country in Circular Economy and propose to increase the circularity index by 2030. Especially in agriculture, Italy aims to combine the advantages of biological agriculture and technological innovations such as increased connectivity and Agriculture 4.0, according to European legislation and ISO standards on food safety. The company analyzed operates in the dry fruit sector, which in recent years is experiencing a boom in worldwide sales. The production of dried fruit is a fundamental activity in Italy, but it is especially so in Sicily, both with reference to the economy it covers, and from an environmental point of view. The aim of this study is to experiment with sustainable design innovations, that is initiatives aimed at minimizing processing waste by designing a special machine with a dual function, thus recovering the leftovers of the almond sector. Therefore, there is a case study conducted in the company Munafò S.R.L., a leading company in the primary sector, located in Avola, sicilian seaside town. In order to be increasingly innovative, the firm object of study is involved in a project consisting in the recovery and enhancement of the integument, eliminated during the peeling phase and the recovery of washing water of the same phase through the use of a special installation. The economic and environmental benefits deriving from the application of the project concern the increase of the margins of profitability and the reduction of the costs of disposal of processing waste and the energy and water saving. In addition to these two great advantages, there is also a social one inherent an improvement in the nutrition and well-being of the consumer as well as reducing the impact that the sector has on the environment.

**Keywords:** *Primary sector; Technological innovations; Avola almond; Recovery, integument*

## Introduzione

Nell'ambito della simbiosi industriale, viene posta l'attenzione sul riutilizzo, in altre filiere industriali, degli scarti di lavorazione quali il tegumento della mandorla e le acque di lavaggio.

L'azienda Munafò s.r.l., oggetto del caso studio, è stata fondata nel 1950 ad Avola, cittadina del siracusano. Essa lavora e commercializza prodotti biologici derivanti dalla lavorazione della mandorla. Tra questi rientrano: confezioni di mandorle sgusciate e tostate, confezioni di farina di mandorla di Avola pelata, oltre che varie tipologie di pasta pura di mandorla, nocciola e pistacchio.

L'azienda Munafò intende certificare i propri prodotti attraverso l'ottenimento delle certificazioni volontarie, quali *International Featured Standards (IFS)*, ottenendo così un prodotto più sicuro secondo le esigenze del cliente e *British Retail Consortium (BRC)*, focalizzato sulla qualità e sicurezza igienico-sanitaria dei prodotti.

Le aree di coltivazione della frutta secca si concentrano maggiormente nella parte centro sud e sud orientale della Sicilia, in quest'ultima viene coltivata la "mandorla di Avola". La superficie coltivata a mandorlo risulta circa 21000 ettari, con una forte presenza in 4 province siciliane: Enna, Agrigento, Caltanissetta e Siracusa.



Figura 1. Fasi del processo produttivo

In riferimento al processo produttivo dell'azienda, vengono analizzate in seguito le fasi, come indicate nella Figura 1, relative alla lavorazione industriale della mandorla.

- Le prime fasi riguardano la raccolta, la sgusciatura e l'essiccazione della mandorla da parte dei produttori.

- Successivamente, si procede con la sgusciatura e poi con la selezione attraverso selettori ottici, procedendo alla rimozione delle scorie rimanenti dalla precedente lavorazione.
- In seguito, si procede alla calibratura ovvero viene misurato il foro della mandorla per la larghezza; la fase seguente consiste nella pelatura in cui viene rimossa la pellicina marrone cioè il tegumento. Una volta completate queste fasi, le mandorle saranno asciugate tramite apposito forno e saranno pronte per essere confezionate, o potranno essere soggette ad altro tipo di lavorazione.
- L'ultima fase consiste nella vendita delle mandorle presso mercati di consumo diretti o nei confronti di aziende di trasformazione, dunque industrie dolciarie, confettifici e pasticcerie.

L'obiettivo fondamentale del progetto è quello di trasformare la criticità della produzione di rifiuti di difficile gestione soprattutto per le aziende mandorlicole, in un'opportunità, ossia la produzione di materiali che possono essere utilizzati in altri settori industriali, come la produzione di integratori e le basi per i prodotti cosmetici.

#### Risultati attesi

I risultati attesi del progetto sono i seguenti:

- *Recupero del Tegumento*: Il recupero del tegumento consente la riduzione della produzione di rifiuti solidi, attualmente prodotti dagli impianti di produzione e trasformazione (ad oggi si tratta di circa 6000 quintali/anno).
- *Recupero delle acque di lavaggio*: Il recupero dell'acqua di lavaggio durante la fase di pelatura delle mandorle permette la riduzione della quantità di rifiuti liquidi prodotti dall'impianto (attualmente è di circa 3.000.000 litri/anno).

Il progetto è finanziato interamente dal Programma di Sviluppo Rurale, 2014-20, e richiede un budget di 500.000 euro. Esso copre interamente ogni singola voce di spesa e, come si evince dalla Figura 1, la maggior parte del costo è assorbita dal personale ma compaiono anche delle voci più minuziose come quelle degli investimenti immateriali e dei beni di consumo.

VOCI DI SPESA	IMPORTO (€)	% SU TOTALE PROGETTO
Personale	178.500 €	35,70 %
Missione e trasferte	8.700 €	1,74%
Servizi esterni	88.300 €	17,66 %
Investimenti immateriali	10.000 €	2,00 %
Investimenti materiali	100.000 €	20,00 %
Beni di consumo	109.500 €	21,90 %
Spese generali	5.000 €	1,00 %
<b>TOTALE</b>	<b>500.000 €</b>	<b>100,00 %</b>

**Figura.1.** Piano finanziario del progetto

L'innovazione tecnologica posta in essere dall'azienda Munafò comporta vantaggi sia economici, consistenti nella riduzione dei costi di smaltimento oltre che nell'incremento dei margini di redditività, che ambientali ottenendo una riduzione del consumo idrico ed energetico. In conclusione, le soluzioni per ridurre gli impatti ambientali esistono se le aziende sono in grado di tenere il passo della tecnologia. È proprio questo il fattore che permetterà loro di distinguersi sul mercato rispetto ai concorrenti.

# TECNICHE PER LA VALORIZZAZIONE DEL VETRO SUGLI SCHERMI TELEVISIVI NELLA GESTIONE DEI RAEE

Gioele Giaquinta<sup>1</sup>, Rocco Liardo<sup>1\*</sup>, Andrea Cannavarò<sup>1</sup>, Agata Matarazzo<sup>1</sup>, Vincenzo Giuffrida<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Economia e Impresa, Università di Catania, Corso Italia 55, 95129, Catania, Italia

<sup>2</sup>FG Recycling System Ltd, Strada Comunale San Todaro 20, 95032 Belpasso (Catania), Italy

(E-mail: rocco.liardo@gmail.com)

\*Corresponding author

---

## ABSTRACT

The linear economy model is no longer applicable, the transition to a circular model is necessary to ensure the use of the entire value of natural resources for both current and future generations. WEEE is the waste deriving from electrical and electronic equipment, regulated by legislative decree 151/2005 and next 49/14, among these, it is estimated that 80% of the volume of monitors and televisions is composed of glass matrix waste, and their value is progressive increase. The bad management of these wastes generates an environmental impact that gives back waste in the production cycle and currently represents a problem for the environment. However, finding ourselves in a situation of national urgency we need to find a quick and effective solution by making the most of the new technologies that allow us to recover an ever-greater part of the components contained in them, which can be used as secondary raw materials. The objective of this paper is to investigate the technological innovations in the management of glass deriving from cathode ray tube televisions and the new LCD, Plasma and LED technologies, proposing a correct management of these materials at the end of their life. To this end, we present an application case study in the company FG Recycling System S.r.l. located in Belpasso, which deals with the management of waste from both dangerous and non-hazardous electrical and electronic equipment and specializes in the recovery of such waste at the end of its life. Through a mass balance, we will analyze the advantages deriving from the correct management and enhancement of this glass which concern the lower environmental impact, the reuse of secondary raw materials, the reduction of the volumes of waste destined for the landfill, the reduction of the disposal costs.

**Keywords:** *Glass recycling; circular economy; Cathode ray tube; WEEE*

## Introduzione

Una corretta gestione dei RAEE è fondamentale per evitare danni all'ambiente e alla salute umana, quindi è necessaria una corretta raccolta da parte dei consumatori, misure di sicurezza per evitare rischi, trattamenti adeguati alla categoria e infine applicare una strategia di fine vita. I RAEE affluiscono inizialmente ai centri di raccolta e vengono successivamente trasportati alle strutture appropriate per un adeguato trattamento.

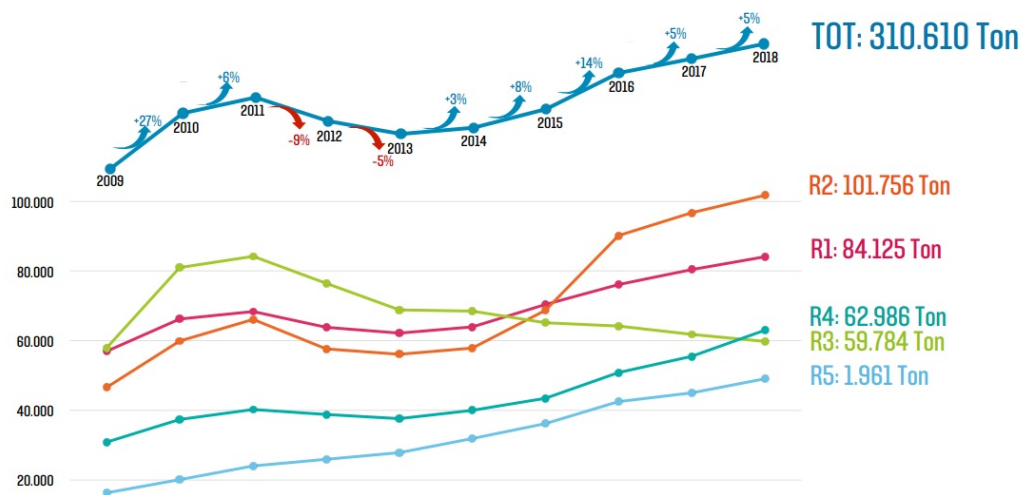


Figura 1. Collection of WEEE 2018 (Fonte: WEEE annual report 2018)

La raccolta dei RAEE ha visto un aumento percentuale negli ultimi 10 anni, in particolare tra il 2017 e il 2018 si è registrato un aumento del 5%; tuttavia la categoria R3 ha un andamento decrescente come già stimato dagli esperti, dovuto al cambiamento tecnologico dei dispositivi di quella categoria.

Di seguito sono elencate le varie fasi di lavorazione per ogni gruppo:

- Il raggruppamento R1 comprende apparecchiature caratterizzate dalla presenza di un circuito frigorifero contenente gas nocivi per l'atmosfera, pertanto necessita di specifici processi di bonifica.
- Il raggruppamento R2 riunisce grandi elettrodomestici che non contengono un circuito frigorifero; quindi, il pericolo è minore. Questa apparecchiatura è soggetta a smontaggio manuale e sicurezza.
- Il raggruppamento R3 riguarda la gestione dei televisori a tubi catodici, gli schermi di questi ultimi devono essere mantenuti intatti per evitare la dispersione di contaminanti.

Il processo produttivo si articola nelle seguenti fasi: smontaggio manuale della zona posteriore; rimozione schede e cavi; rimozione rifiuto "misto" unica componente che finirà in discarica; rimozione dei neon molto delicata per evitare la rottura.

- Il raggruppamento R4 si articola nelle seguenti fasi: selezione per tipologia di apparecchiatura, rimozione componenti pericolosi, smontaggio manuale dei materiali utilizzabili, triturazione e separazione dei materiali.
- Il raggruppamento R5 include i rifiuti delle apparecchiature di illuminazione, è possibile recuperare notevoli quantità di materiali pari a circa il 90% del prodotto, pensando così alla loro successiva reintroduzione nel mercato.



**Figura 2:** *Separazione dei componenti*

### Investimento nella Green Economy

Esistono due generazioni di televisori: tubo catodico e schermo piatto questi ultimi si dividono in plasma LCD e LED. Attualmente l'azienda FG S.r.l. gestisce in maniera manuale solamente i televisori con tubo a raggio catodico detti CRT, però, negli ultimi anni vista l'entrata nel mercato dei televisori LED, gli LCD stanno iniziando a diventare obsoleti, l'azienda, infatti, sta vedendo aumentare le percentuali in entrata degli LCD, quindi vorrebbe internalizzare il processo di gestione di tali televisori.

Per l'investimento previsto sono state valutate:

- La fattibilità tecnica che risulta assicurata dato che il processo produttivo è identico a quello dei CRT, addirittura risulta essere per certi aspetti più semplice e veloce. Inoltre, potrà essere svolto negli stessi locali in cui avviene attualmente la gestione degli R3.
- La convenienza economica è stata valutata attraverso un bilancio di massa in cui si evincono i vantaggi sia economici che ambientali, di internalizzare il processo produttivo dei televisori LCD, evitando, quindi, la spedizione in altri stabilimenti, attualmente molto onerosa per l'azienda.

L'analisi si è articolata in diverse fasi: si è inizialmente proceduto al posizionamento di cinque televisori sulla bilancia per effettuare la pesatura in entrata ricavando un peso di 51 kg. Successivamente è stato effettuato il disassemblaggio manuale al termine del quale le componenti sono state separate.



In particolare, si evince che il ferro e la plastica sono le componenti presenti in maggiore quantità, il vetro inizialmente rappresenterebbe un onere per l'azienda dato che non potrebbe gestirlo internamente perché non accreditata, ma nel lungo periodo potrebbe richiedere l'autorizzazione e gestirlo dato che si tratta di una componente poco pericolosa. Le schede elettroniche e i cavi elettrici sono le componenti più remunerative per l'azienda seppur la loro percentuale non è elevata. Il rifiuto dal codice CER 191212 e il neon hanno delle percentuali molto esigue e data la loro pericolosità non potranno essere gestite dall'azienda, pertanto rappresentano un onere.

### Vantaggi e conclusioni

Dalla realizzazione dell'investimento si trarranno diversi vantaggi:

- Dal punto di vista ambientale l'azienda riuscirebbe a ridurre l'impatto sull'ambiente del 85% nella fase iniziale e potrebbe giungere a 96.5% se gestisse internamente il vetro.
- Dal punto di vista economico l'azienda riuscirebbe a ridurre completamente i costi di spedizione e gestione dei televisori LCD presso altri stabilimenti e riuscirebbe anche a percepire un utile.
- Dal punto di vista aziendale: essa trarrebbe un vantaggio rispetto ai concorrenti in termini di costo, potrebbe destinare queste risorse finanziarie in ricerca e sviluppo, avrebbe miglioramenti in termini di immagine aziendale.

Il modello di economia circolare, che ha sempre seguito l'azienda FG S.r.l. portando vantaggi ed opportunità sia ad essa che all'ambiente, è una variabile che le sta molto a cuore, è necessario che l'azienda si impegni a continuare il percorso già intrapreso. Lo sviluppo sempre maggiore di questo nuovo modello sul mercato cambierà sempre più la fisionomia del mercato, che diventerà sempre più interconnesso, integrato e globalizzato con gli altri mercati. La crescita delle materie prime seconde, l'ingresso di attori esterni al settore ambientale, il progresso tecnologico renderanno sempre più arduo definire i confini e gli scenari futuri.

ENEA - Promotion and Communication Service

*enea.it*

Printed in March 2021 at the ENEA Technographic Laboratory – Frascati

## Organizations participating in the Symbiosis Users Network - SUN



ISBN 978-88-8286-408-8