

SYMBIOS: Digital Platform for Industrial Symbiosis & Circular Economy

WORK PACKAGE 2.6

Modellizzazione del Meccanismo e del Divario di Competenze della Simbiosi Industriale

SETTORE AGROALIMENTARE

INDICE

Introduzione.....	5
Obiettivi del Modello.....	5
Inquadrare la Simbiosi Industriale nell'Economia Circolare	5
Rilevanza per il Settore Agroalimentare	6
Metodologia e Fonti	6
Capitolo 1 – Meccanismo Simbiotico.....	8
1.1 Definizione: Concetti Chiave e Principi	8
Output, Rifiuti e Sottoprodotti: Una Distinzione Fondamentale	9
1.2 Risorse, Flussi e Vincoli.....	11
Il Processo di Produzione Agroalimentare: Dalla Materia Prima al Prodotto Finito.....	11
Coprodotti: Esempi Illustrativi di Input–Output.....	11
1.3 Politiche e Quadro Normativo.....	14
Livello dell'Unione Europea	14
Livello Nazionale e Regionale	16
1.4 Connessioni Intersettoriali	17
Connessioni in Ingresso: Cosa Confluisce nella Produzione Alimentare e delle Bevande	17
Connessioni in Uscita: Dove Vanno i Sottoprodotti Alimentari e delle Bevande.....	18
Modalità di Collaborazione e Interazione	18
Considerazioni sui Costi-Benefici.....	19
Approfondimento: Simbiosi Industriale Alimentare–Pelle	19
1.5 Buone Pratiche e Benchmark	20
Modello 1. Rete di Simbiosi di Kalundborg (Danimarca).....	20
Modello 2. Valorizzazione delle Trebbie di Birrificazione (BSG)	21
Modello 3. Valorizzazione del Siero di Latte	22
Modello 4. Sottoprodotti della Lavorazione di Frutta e Verdura	22
Focus Group SYMBIOS: Casi Studio Nazionali Emergenti.....	22
Piattaforme Digitali a Supporto della Simbiosi Industriale	23
Modelli Replicabili	24
Cosa Funziona e Cosa Ostacola.....	25
Capitolo 2 – Conoscenze e Competenze per la Simbiosi Industriale.....	26
2.1 Conoscenze e Competenze Richieste.....	26

Gestione dei Rifiuti e dei Sottoprodotti.....	26
Efficienza delle Risorse e Analisi dei Flussi di Materia/Energia.....	27
Negoziazione Commerciale e Sviluppo del Business Case	27
Networking e Costruzione di Partnership	27
Gestione dei Progetti.....	28
Problem-Solving e Pensiero Sistemico	28
Competenze Digitali (Piattaforme, Analisi dei Dati e Rendicontazione ESG).....	28
Mappatura e Caratterizzazione dei Flussi Secondari	28
Biotecnologie e Percorsi di Valorizzazione Avanzati	30
Prospettive Specifiche per Paese degli Esperti Accademici	30
Sintesi: Dove il Divario è Maggiore.....	31
2.2 Competenze per Gruppo Target	31
2.2.1 Neolaureati: Competenze di Ingresso e Profili Professionali Emergenti	32
2.2.2 Lavoratori Occupati (IFP Continua e Apprendimento Permanente): Esigenze di Upskilling e Reskilling	33
2.2.3 Manager e Decisori: Competenze Strategiche e Leadership per la Sostenibilità	33
2.2.4 Disoccupati e Gruppi Svantaggiati: Percorsi di Riqualificazione e Reinserimento nel Mercato del Lavoro.....	34
2.3 Strumenti Formativi e Raccomandazioni	35
Programmi Formativi Esistenti e Meccanismi di Supporto	35
Una Revisione Sistemica delle Offerte Formative Esistenti sulla Simbiosi Industriale	37
Risultati Comparativi	38
Metodologie di Apprendimento.....	39
Raccomandazioni per gli Enti di Istruzione e Formazione Professionale (VET)	40
Raccomandazioni per i Decisori Politici	40
Conclusioni	42
Sintesi dei Risultati Principali	42
Opportunità Future per il Settore	43
Raccomandazioni Operative.....	44
Riferimenti Bibliografici	46
Allegati	49
Allegato A – Glossario.....	49

Allegato B – Panoramica degli Strumenti di Raccolta Dati (Sondaggi e Interviste)	51
B.1 Focus group (WP 2.1)	51
B.2 Struttura del sondaggio (WP 2.3)	51
B.3 Protocolli delle interviste (WP 2.3).....	51
Allegato C – Quadro Dettagliato delle Competenze per Gruppo Target	53
Allegato D – Mappatura delle Competenze rispetto ai Quadri di Riferimento Europei (EQF, ESCO, GreenComp)	54

Introduzione

La simbiosi industriale (IS) è una delle strategie operative più concrete disponibili per tradurre l'ambizione astratta dell'economia circolare in una pratica industriale misurabile. Aniché trattare rifiuti, sottoprodotti, residui energetici e acqua come un costo da smaltire, la simbiosi industriale li ridefinisce come risorse dotate di un valore di mercato per un altro attore, spesso appartenente a un settore diverso. Questo modello è stato sviluppato nell'ambito del Work Package 2 (WP2: "Ricerca sulla Simbiosi Industriale nei settori Agroalimentare e Conciario") del progetto Erasmus+ KA220-VET SYMBIOS – Piattaforma Digitale per la Simbiosi Industriale e l'Economia Circolare (Progetto n. 2024-1-PT01-KA220-VET-000253813). Il modello si concentra specificamente sul settore agroalimentare, uno dei due settori manifatturieri strategici selezionati dal partenariato SYMBIOS per le sue dimensioni, la sua impronta ambientale e il suo potenziale di circolarità ancora in gran parte inespresso.

Obiettivi del Modello

Lo scopo di questo documento è duplice, rispecchiando i due obiettivi specifici del Work Package 2 definiti nella Convenzione di Sovvenzione del progetto. In primo luogo, il documento ricostruisce il meccanismo simbiotico che governa il settore agroalimentare: cosa significa simbiosi industriale in questo settore, quali risorse e flussi sono coinvolti, quale quadro normativo abilita o vincola il loro scambio, quali connessioni intersettoriali risultano più promettenti e quali buone pratiche dimostrano già che il modello funziona nella realtà. In secondo luogo, il documento mappa le conoscenze e le competenze di cui individui e organizzazioni necessitano per operare professionalmente in questo ambito, differenziate per gruppo target (neolaureati, lavoratori occupati, manager e decisori, e gruppi disoccupati o svantaggiati), insieme a strumenti formativi e raccomandazioni per gli enti di istruzione e formazione professionale (VET) e per i decisori politici. Nel loro insieme, i due capitoli forniscono le basi concettuali e pedagogiche su cui viene costruita la Piattaforma Digitale SYMBIOS, e in particolare il suo MOOC aperto sulla simbiosi industriale (WP 3.1).

Inquadrare la Simbiosi Industriale nell'Economia Circolare

La simbiosi industriale non è un sinonimo di economia circolare, bensì uno dei suoi principali meccanismi abilitanti. Mentre l'economia circolare descrive una visione sistemica in cui il valore di prodotti, materiali e risorse viene mantenuto il più a lungo possibile, la simbiosi industriale descrive il meccanismo specifico inter-organizzativo attraverso cui ciò si realizza quando l'attore in grado di creare valore da una risorsa non è quello che l'ha generata. Chertow (2000) ha definito la simbiosi industriale come il coinvolgimento di industrie tradizionalmente separate in un approccio collettivo che comporta lo scambio fisico di materiali, energia, acqua e sottoprodotti, generando reciproci

benefici economici e ambientali. Vent'anni dopo, la stessa logica è stata formalmente incorporata nelle politiche dell'Unione europea: il Piano d'Azione per l'Economia Circolare del 2020, pilastro del Green Deal europeo, individua esplicitamente la simbiosi industriale come una strategia per mantenere le risorse in circolazione all'interno dell'economia europea, mentre la Direttiva Quadro sui Rifiuti riveduta impone agli Stati membri di promuovere pratiche replicabili di simbiosi industriale. Per il settore agroalimentare, questo allineamento politico è particolarmente significativo poiché la produzione alimentare è al contempo uno dei maggiori generatori di sottoprodotti biologici dell'economia e uno dei settori sottoposti alla pressione più forte, da parte della normativa, dei rivenditori, degli investitori e dei consumatori, a dimostrare progressi misurabili in materia di sostenibilità.

Rilevanza per il Settore Agroalimentare

Il settore agroalimentare è caratterizzato da volumi molto elevati di materie prime, acqua ed energia in ingresso e, di conseguenza, da volumi altrettanto elevati di sottoprodotti, acque reflue e rifiuti da imballaggio. Secondo i dati raccolti nell'ambito del Work Package 2 in Spagna, Italia e Slovenia, l'industria agroalimentare rappresenta uno dei maggiori settori manifatturieri in ciascun paese partner in termini di fatturato (con un valore superiore a 126 miliardi di euro in Spagna, 64 miliardi di euro in Italia, e circa 2,4 miliardi di euro nel solo settore alimentare e delle bevande in Slovenia). Allo stesso tempo, è proprio il settore in cui il riutilizzo dei sottoprodotti è maggiormente vincolato dalle norme sulla sicurezza alimentare, la tracciabilità e l'igiene, rendendo l'equilibrio tra circolarità e sicurezza la questione progettuale centrale di qualsiasi modello di simbiosi agroalimentare. Questo modello è costruito per contribuire a risolvere tale tensione: mostra dove il settore genera già valore da ciò che altrimenti sarebbe rifiuto, dove il quadro normativo sostiene o blocca tali scambi, e quali conoscenze e competenze sono necessarie per far evolvere queste pratiche da buone pratiche isolate a comportamenti industriali sistemici e quotidiani.

Metodologia e Fonti

Questo modello si fonda sulla ricerca a metodi misti condotta nell'ambito del Work Package 2 del progetto SYMBIOS tra la fine del 2025 e la metà del 2026, integrata dalla letteratura scientifica e istituzionale sulla simbiosi industriale. Le fonti primarie utilizzate sono:

- **Focus group (WP 2.1)** condotti con portatori d'interesse del settore agroalimentare in Slovenia (sei partecipanti provenienti da industria, ricerca, associazioni di settore e pubblica amministrazione) da GZS e in Spagna (dodici partecipanti provenienti da industria e ambito accademico) facilitati da IATA-CSIC, utilizzati per individuare gli oggetti di ricerca per il successivo sondaggio.

- **Un sondaggio intersettoriale tra paesi (WP 2.3)** somministrato a 30 aziende agroalimentari (10 ciascuna in Spagna, Italia e Slovenia) tra gennaio e marzo 2026, riguardante il profilo aziendale, i processi produttivi, la gestione dei rifiuti e le pratiche circolari, le barriere normative e i fabbisogni di competenze e formazione.
- **Interviste approfondite semi-strutturate con portatori d'interesse dell'industria alimentare (WP 2.3)** condotte con sei aziende in Slovenia, Italia e Spagna tra gennaio e marzo 2026, che hanno esplorato le pratiche attuali, le barriere e le condizioni abilitanti per la simbiosi industriale.
- **Interviste approfondite semi-strutturate con esperti accademici (WP 2.3)** condotte con cinque ricercatori con sede in Spagna, Slovenia e Italia tra gennaio e aprile 2026, che hanno esplorato definizioni, buone pratiche, traiettorie di innovazione e competenze richieste.
- **Ricerca desk e revisione della letteratura specifica di settore (WP 2.4)**, che copre la letteratura scientifica sulla simbiosi industriale (Chertow, 2000, 2007; Mirabella et al., 2014; Jacobsen, 2006; Van Capelleveen et al., 2018, tra gli altri) e il quadro legislativo dell'Unione europea e nazionale applicabile.
- **Una revisione sistematica delle offerte formative esistenti sulla Simbiosi Industriale (WP 2.6)**, che copre programmi di istruzione e formazione strutturati per i quali la simbiosi industriale costituisce l'obiettivo formativo primario, analizzati attraverso un Quadro di Analisi delle Offerte Formative sulla Simbiosi Industriale (ISLOAF) appositamente sviluppato.

Capitolo 1 – Meccanismo Simbiotico

1.1 Definizione: Concetti Chiave e Principi

La simbiosi industriale (IS) è un approccio collaborativo in cui industrie tradizionalmente separate si impegnano nello scambio di materiali, energia, acqua, servizi e informazioni al fine di migliorare l'efficienza delle risorse e ridurre gli impatti ambientali. Nell'industria alimentare, la simbiosi industriale rappresenta una strategia chiave per attuare i principi dell'economia circolare, trasformando i flussi di rifiuti e i sottoprodotti in risorse di valore per altre industrie.

Secondo la definizione classica proposta da Chertow (2000), la simbiosi industriale comporta lo scambio reciprocamente vantaggioso di risorse tra imprese, generando benefici ambientali, economici e sociali. Nel settore alimentare, questo concetto va oltre la gestione dei rifiuti e comprende l'ottimizzazione delle risorse lungo l'intera catena del valore, dalla produzione agricola e la trasformazione alimentare fino alla distribuzione e al consumo. La definizione del Comitato Europeo di Normazione (CEN, 2018), utilizzata come definizione di riferimento durante i focus group SYMBIOS per stabilire una comprensione comune tra i portatori d'interesse, colloca la simbiosi industriale saldamente in un contesto industriale: scambi di risorse quali materiali, acqua, energia e servizi tra attori industriali altrimenti non correlati, distinti dal normale commercio di filiera.

I principi fondamentali della simbiosi industriale nell'industria alimentare includono:

- Efficienza delle risorse attraverso l'uso a cascata dei materiali, per cui una risorsa viene utilizzata nella sua applicazione a valore più elevato prima di essere destinata a usi di valore inferiore, come il recupero energetico;
- Valorizzazione dei sottoprodotti e dei residui, trasformando quello che altrimenti sarebbe un costo di smaltimento in un flusso di ricavi;
- Riduzione del conferimento in discarica e delle emissioni di gas a effetto serra associate al trattamento dei rifiuti;
- Collaborazione intersettoriale tra industrie che non interagirebbero naturalmente attraverso le catene di fornitura convenzionali;
- Creazione di nuove opportunità di business, flussi di ricavi e, in alcuni casi, aziende o unità di business interamente nuove;
- Sostegno allo sviluppo dell'economia circolare a livello regionale, poiché molti scambi simbiotici sono fortemente condizionati dalla prossimità geografica.

Le industrie alimentari generano quantità significative di sottoprodotti organici ricchi di nutrienti, fibre, proteine, lipidi e composti bioattivi. Questi flussi offrono notevoli opportunità di riutilizzo e valorizzazione in settori quali i mangimi, la bioenergia, il farmaceutico, il cosmetico, le biotecnologie,

l'agricoltura e la lavorazione della pelle. Come confermato durante il focus group sloveno di SYMBIOS, la simbiosi industriale non è un'idea nuova: diversi partecipanti hanno osservato che la logica di fondo esiste informalmente da decenni, ad esempio nell'uso tradizionale della farina di soia e delle trebbie di birrificazione nell'allevamento del bestiame, ma la sua applicazione sistematica è stata negli ultimi anni ostacolata da un'interpretazione sempre più prudente della normativa europea e dall'applicazione del principio di precauzione ai materiali biologici.

Questo modello di simbiosi industriale si allinea strettamente con il Green Deal europeo, il Piano d'Azione per l'Economia Circolare e gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite, in particolare l'OSS 12 (Consumo e Produzione Responsabili).

Output, Rifiuti e Sottoprodotti: Una Distinzione Fondamentale

Nel contesto della simbiosi industriale alimentare, output, rifiuti e sottoprodotti non sono considerati semplicemente residui da smaltire, bensì potenziali risorse in grado di creare valore all'interno di un settore industriale o tra settori diversi. Le industrie di trasformazione alimentare generano, oltre ai loro prodotti primari destinati al consumo umano, una varietà di flussi di materiali: sottoprodotti, materiali di scarto, acque reflue, calore in eccesso e residui di imballaggio.

- Un sottoprodotto è un materiale secondario generato durante un processo produttivo che presenta un ulteriore utilizzo certo e lecito senza richiedere una lavorazione aggiuntiva significativa; esempi comprendono la sansa di frutta, il siero di latte, le trebbie di birrificazione, la vinaccia e le pelli animali.
- Il rifiuto, al contrario, indica materiali che il detentore si disfa, ha l'intenzione di disfarsi, o è obbligato a disfarsi in base ai quadri normativi vigenti. La simbiosi industriale mira a trasformare i flussi di rifiuti in input di valore per altri processi, riducendo così il consumo di risorse e gli impatti ambientali. Ad esempio, le bucce di frutta e i residui di verdura possono essere convertiti in mangimi o biofertilizzanti, il siero di latte può essere trasformato in ingredienti nutrizionali, le trebbie possono essere utilizzate in applicazioni alimentari, mangimistiche o bioenergetiche, e le pelli animali possono essere fornite all'industria conciaria.
- Attraverso questi scambi, gli output di un'industria diventano gli input di un'altra, creando sistemi a ciclo chiuso che migliorano l'efficienza delle risorse, riducono i costi di smaltimento, generano flussi di ricavi aggiuntivi e sostengono la transizione verso un'economia circolare.

Nella simbiosi industriale alimentare, quindi, la distinzione tra output, rifiuti e sottoprodotti è fondamentale perché determina il potenziale di recupero delle risorse, la collaborazione intersettoriale e la creazione di valore sostenibile.

1.2 Risorse, Flussi e Vincoli

Il Processo di Produzione Agroalimentare: Dalla Materia Prima al Prodotto Finito

L'industria alimentare dipende da un'ampia gamma di input, comprese le materie prime agricole, l'acqua, l'energia, i materiali di imballaggio, i coadiuvanti tecnologici, le sostanze chimiche e i servizi di trasporto. Durante la produzione e la trasformazione alimentare, queste risorse vengono trasformate in prodotti finali destinati al consumo umano, ma vengono generate anche quantità significative di output secondari, compresi sottoprodotti solidi, rifiuti organici, acque reflue, residui di imballaggio e calore in eccesso. La natura di questi sottoprodotti varia considerevolmente a seconda del sottosettore alimentare.

Sottosettore alimentare	Input principali	Sottoprodotti / flussi di rifiuto tipici	Percorso di valorizzazione illustrativo
Lavorazione di frutta e verdura	Prodotti freschi, acqua, imballaggio	Bucce, semi, sansa, polpa	Pectina, antiossidanti, mangimi, biofertilizzante
Lavorazione lattiero-casearia	Latte, acqua, energia	Siero di latte, fanghi, battofugato	Concentrato proteico del siero di latte, lattosio, bioetanolo, biogas
Lavorazione delle carni / macelli	Bestiame, acqua, energia	Ossa, sangue, grassi, pelli, ritagli	Collagene, gelatina, biodiesel, cuoio (pelli), mangimi
Lavorazione ittica	Pesce fresco, acqua, ghiaccio	Teste, squame, visceri, pelli	Farina di pesce, olio di pesce, collagene, biostimolanti
Birrifici	Malto, luppolo, acqua, energia	Trebbe, lievito in eccesso, CO2	Mangimi, ingredienti alimentari funzionali, biogas, CO2 catturata per il riutilizzo
Cantine	Uva, acqua, energia	Vinaccia (marc), fecce	Polifenoli, acido tartarico, distillati, compost
Panificazione / pasticceria	Farina, zucchero, grassi, imballaggio	Prodotti fuori specifica, rifiuti di imballaggio, pane invenduto	Mangimi, materia prima per birrificazione, farina ricca di proteine

Tabella 1. Profilo rappresentativo di input-output del settore agroalimentare per sottosettore (compilato dalla ricerca desk, dal sondaggio e dai risultati delle interviste del WP 2).

Coprodotti: Esempi Illustrativi di Input-Output

La ricerca desk del WP 2.6 e il lavoro sul campo del WP 2 hanno compilato un ampio inventario di esempi concreti di coproduzione già documentati all'interno del settore, che illustra la diversità dei percorsi di valorizzazione disponibili nei diversi punti della catena del valore, dalle prime fasi di lavorazione (valore più elevato, gamma di usi più ampia) fino ai residui di fine linea (valore inferiore, gamma di usi più ristretta):

Materiale in ingresso	Output / valorizzazione
Trebbie di birrificazione (BSG)	Mangimi, farina ricca di proteine e ingredienti fibrosi, biogas, bioetanolo
Siero di latte (dolce e acido)	Concentrato proteico del siero di latte, lattosio, ingredienti per formule per l'infanzia, bioetanolo
Bucce, semi e sansa di frutta e verdura	Pectina, antiossidanti, oli essenziali, mangimi, biofertilizzante
Vinaccia (marc) e fecce	Polifenoli, acido tartarico, distillati, compost
Scarti di lavorazione del pomodoro (cutina)	Rivestimenti per imballaggi in banda stagnata utilizzati nella filiera del pomodoro
Piume avicole	Cheratina per fibre tessili antimicrobiche (progetto pilota, Slovenia)
Olio da cucina esausto	Biodiesel
Ossa, sangue e grasso della lavorazione delle carni	Collagene, gelatina, mangimi, biodiesel
Ritagli di salumi (stagionati e cotti)	Materia prima per l'industria della pasta ripiena (Trascinelli, Italia)
Acque reflue urbane e industriali	Acqua rigenerata per irrigazione (Regolamento (UE) 2020/741); energia recuperata

Tabella 1bis. Esempi illustrativi di coproduzione lungo la catena del valore agroalimentare (compilati dalla ricerca desk e dal lavoro sul campo del WP 2).

Anziché essere trattati come rifiuti, molti di questi flussi possiedono un significativo potenziale di valorizzazione. I sottoprodotti alimentari possono essere convertiti in mangimi, fertilizzanti organici, compost, bioenergia, bioplastiche, prodotti biochimici, farmaceutici e ingredienti cosmetici. Le trebbie di birrificazione sono ampiamente utilizzate come mangime per il bestiame e come materia prima per lo sviluppo di bioprodotti, mentre il siero di latte è diventato un'importante fonte di proteine per l'industria alimentare e nutraceutica. I residui organici possono inoltre essere utilizzati in sistemi di digestione anaerobica per produrre biogas e biometano, contribuendo alla generazione di energia rinnovabile. La valorizzazione dei sottoprodotti dell'industria alimentare rappresenta uno

dei meccanismi più importanti per conseguire efficienza delle risorse e circolarità all'interno delle reti di simbiosi industriale (Mirabella et al., 2014; Commissione Europea, 2020).

Il sondaggio del WP 2.3 su 30 aziende agroalimentari in Spagna, Italia e Slovenia conferma empiricamente questo quadro: il 39% dei rispondenti ha individuato i rifiuti organici come tipologia predominante di sottoprodotto, seguiti dai rifiuti di imballaggio (29%) e dalle acque reflue (24%). Circa il 70% delle aziende intervistate riutilizza già internamente sottoprodotti, energia o acque reflue, più comunemente attraverso il recupero dell'acqua di lavaggio in loco (Cleaning-in-Place, CIP), il recupero di calore dai compressori di refrigerazione utilizzato per riscaldare l'acqua sanitaria o di processo, e il riutilizzo del prodotto fuori specifica all'interno della stessa linea produttiva. Tuttavia, solo il 17% dei sottoprodotti viene attualmente inviato allo smaltimento esterno, mentre il resto viene trattenuto internamente, venduto informalmente o scambiato solo occasionalmente, a dimostrazione che il potenziale per una simbiosi industriale esterna e strutturata resta in gran parte inespresso: solo il 9% dei rispondenti ha dichiarato un partenariato stabile e di lungo periodo per la valorizzazione dei sottoprodotti, il 37% ha dichiarato accordi formali con partner selezionati, e il 30% ha descritto i propri scambi esterni come meramente occasionali e informali.

Vincoli alla Valorizzazione: Deperibilità, Rischio di Contaminazione e Variabilità della Qualità

Il settore agroalimentare affronta una serie di vincoli materiali che non si applicano nella maggior parte dei contesti di simbiosi industriale manifatturiera, e che determinano, ancor prima di qualsiasi questione normativa o economica, cosa sia fisicamente possibile. La deperibilità è il vincolo più fondamentale: a differenza delle limature al cromo o delle trebbie di birrificazione, che possono essere immagazzinate, trasportate e lavorate nell'arco di giorni o settimane, una quota significativa dei sottoprodotti agroalimentari inizia a degradarsi entro poche ore dalla generazione. Ciò comprime radicalmente la finestra logistica disponibile per qualsiasi scambio, ed è uno dei motivi principali per cui la prossimità geografica, un fattore di successo individuato in tutti e tre i filoni di ricerca nazionali, non è semplicemente conveniente ma in alcuni casi strettamente necessaria. Gli intervistati accademici italiani sono stati espliciti su questo punto: una valorizzazione efficace nel contesto italiano tende a verificarsi quando le distanze di trasporto sono brevi, e idealmente quando la lavorazione avviene nel sito di generazione o nelle sue immediate vicinanze.

Il rischio di contaminazione e i requisiti di sicurezza alimentare aggiungono un ulteriore livello che non ha un parallelo diretto nella simbiosi industriale non alimentare. Qualsiasi sottoprodotto che rimanga nella filiera alimentare, sia per il consumo umano, per i mangimi o per applicazioni a contatto con gli alimenti, deve soddisfare le procedure HACCP, i protocolli igienici, i requisiti di stoccaggio refrigerato e sottovuoto, e una documentazione di tracciabilità completa lungo l'intera catena di movimentazione, stoccaggio e trasporto. La soglia di conformità per le applicazioni di grado alimentare o mangimistico è significativamente più elevata rispetto al recupero energetico o

al compostaggio, motivo per cui gli intervistati aziendali del progetto riportano costantemente una tendenza a ripiegare su biogas o fertilizzante come destinazioni dei sottoprodotti, anche quando sanno che in linea di principio esiste un'applicazione di grado alimentare a valore più elevato: l'infrastruttura di conformità richiesta per il percorso a valore più elevato è semplicemente troppo costosa da costruire per i volumi coinvolti. Le aziende tendono a evitare grandi scorte di materie prime e si affidano a sistemi di ordinazione a breve termine allineati alle effettive esigenze produttive; in alcuni casi, viene applicato il congelamento immediato in sistemi di raffreddamento avanzati a prodotti selezionati o semilavorati per estenderne la conservabilità, sebbene tali soluzioni siano adatte solo a specifiche categorie di prodotto. Questa dinamica, tecnicamente fattibile ma economicamente non sostenibile alla scala e ai costi di conformità attuali, è lo schema dominante nelle interviste aziendali del WP 2.3 e dovrebbe costituire il punto di partenza per qualsiasi contenuto formativo sulla navigazione normativa nel contesto della IS agroalimentare.

La variabilità della qualità aggiunge un ultimo vincolo, meno visibile ma altrettanto rilevante. I sottoprodotti agroalimentari sono direttamente determinati dalle materie prime e dalle condizioni produttive che li generano, il che significa che qualsiasi variazione nei materiali in ingresso o nei parametri di lavorazione si traduce in una variazione della composizione del sottoprodotto, del contenuto di umidità o della carica microbiologica. Un potenziale partner IS destinatario necessita di coerenza per pianificare le proprie operazioni: non può costruire un processo produttivo attorno a una materia prima secondaria le cui proprietà fluttuano in modo imprevedibile da lotto a lotto. Questo è un ulteriore motivo per cui il divario di monitoraggio individuato dal sondaggio (40% delle aziende con solo un monitoraggio qualitativo di base dei propri flussi di rifiuti, e appena il 7% che utilizza sistemi supportati digitalmente) costituisce un ostacolo così fondamentale, poiché un'azienda che non è in grado di caratterizzare e documentare i propri flussi di sottoprodotti con sufficiente precisione e coerenza non può offrire credibilmente tali flussi come input industriale affidabile a un'altra azienda.

1.3 Politiche e Quadro Normativo

Lo sviluppo della simbiosi industriale nell'industria alimentare è fortemente influenzato dai quadri normativi europei e nazionali che incoraggiano le pratiche di economia circolare e la gestione sostenibile delle risorse, ma che al contempo impongono condizioni rigorose finalizzate a tutelare la salute umana, animale e ambientale.

Livello dell'Unione Europea

A livello UE, la simbiosi industriale non è disciplinata da un unico strumento legislativo dedicato. È invece modellata da una combinazione di politiche generali sull'economia circolare e normativa specifica di settore, sintetizzate nella Tabella 2.

Strumento	Cosa stabilisce	Rilevanza per la simbiosi industriale
Piano d'Azione per l'Economia Circolare dell'UE (CEAP, 2020) e Green Deal europeo	Efficienza delle risorse, prevenzione dei rifiuti, riutilizzo e riciclo lungo le catene del valore; progettazione sostenibile dei prodotti	Riconosce esplicitamente la simbiosi industriale come strategia per mantenere materiali e risorse in circolazione nell'economia dell'UE
Direttiva Quadro sui Rifiuti (2008/98/CE, modificata dalla Direttiva (UE) 2018/851)	Gerarchia dei rifiuti, prevenzione, riciclo, recupero, smaltimento; distinzione tra rifiuto, sottoprodotto e cessazione della qualifica di rifiuto	Lo strumento giuridico singolarmente più importante per la IS: ai sensi dell'Articolo 5, una sostanza è qualificata come sottoprodotto, non come rifiuto, se l'ulteriore utilizzo è certo, utilizzabile senza ulteriore lavorazione oltre alla normale pratica industriale, prodotto come parte integrante della produzione, e lecito e sicuro dal punto di vista ambientale
Regolamento (CE) n. 178/2002 – Normativa Generale sugli Alimenti	Principi generali di sicurezza alimentare, tracciabilità e responsabilità degli operatori del settore alimentare	Qualsiasi sottoprodotto destinato a un ulteriore utilizzo nelle catene del valore alimentare o mangimistica deve soddisfare i requisiti di sicurezza alimentare e tracciabilità, condizionando direttamente la fattibilità
Regolamento (CE) n. 1069/2009 sui Sottoprodotti di Origine Animale e Regolamento (UE) n. 142/2011 della Commissione	Norme sanitarie, categorizzazione del rischio, raccolta, trasporto, lavorazione e uso dei sottoprodotti di origine animale	Altamente rilevante per i flussi secondari a base di carne e latticini; determina se pelli, sangue, grassi o frattaglie possano essere valorizzati attraverso mangimi, fertilizzanti, bioenergia o biomateriali, e secondo quale regime di sicurezza/documentazione
Regolamento (UE) 2019/1009 sui prodotti fertilizzanti dell'UE	Requisiti per le categorie funzionali dei prodotti e i materiali componenti dei prodotti fertilizzanti	Consente ai nutrienti recuperati dai residui agroalimentari di sostituire input fertilizzanti vergini, a condizione che siano

Strumento	Cosa stabilisce	Rilevanza per la simbiosi industriale
		soddisfatti i requisiti di qualità e sicurezza
Regolamento (UE) 2020/741 sul riutilizzo dell'acqua	Requisiti minimi di qualità e monitoraggio per l'acqua rigenerata utilizzata nell'irrigazione agricola	Base per schemi territoriali di simbiosi idrica che collegano trasformatori alimentari, impianti di trattamento delle acque reflue e comunità irrigue, particolarmente rilevante nelle regioni con scarsità idrica come la Spagna
Regolamento sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio (UE 2025/40)	Requisiti più severi su riduzione degli imballaggi, riciclabilità, sistemi di riutilizzo e contenuto riciclato	Richiede la collaborazione tra produttori, fornitori e gestori dei rifiuti per stabilire sistemi di riutilizzo e flussi circolari di imballaggio
Direttiva sulla Rendicontazione di Sostenibilità delle Imprese – CSRD (Direttiva (UE) 2022/2464)	Rendicontazione ESG ed economia circolare obbligatoria per le grandi imprese e, sempre più, per i loro fornitori	Crea un incentivo guidato dalla rendicontazione affinché le aziende documentino ed espandano le pratiche di efficienza delle risorse e di simbiosi industriale

Tabella 2. Strumenti giuridici e politici dell'UE più rilevanti per la simbiosi industriale nel settore agroalimentare (compilati dalla revisione legislativa del WP 2.4/2.6).

La distinzione tra lo status di rifiuto e quello di sottoprodotto comporta conseguenze pratiche significative. Quando un materiale residuo si qualifica legalmente come sottoprodotto anziché come rifiuto, la sua circolazione è agevolata perché non è soggetto al regime completo di gestione dei rifiuti, rendendo lo scambio simbiotico economicamente più attraente; al contrario, l'incertezza sulla classificazione scoraggia gli investimenti e genera costi amministrativi. L'Articolo 6 della Direttiva Quadro sui Rifiuti consente inoltre a determinati rifiuti di acquisire lo status di "cessazione della qualifica di rifiuto" dopo operazioni di recupero, favorendo ulteriormente i mercati delle materie prime seconde.

Livello Nazionale e Regionale

A livello nazionale, gli Stati membri hanno adottato strategie per l'economia circolare, tabelle di marcia per la bioeconomia e piani di gestione dei rifiuti che sostengono ulteriormente la simbiosi

industriale. In Slovenia, ad esempio, il Regolamento nazionale sui Rifiuti e il Regolamento sugli Imballaggi e i Rifiuti di Imballaggio stabiliscono obblighi di classificazione, registrazione e rendicontazione, mentre la Strategia e il Piano d'Azione per la Prevenzione dello Spreco Alimentare "Rispetta il Cibo, Rispetta il Pianeta" sostengono specificamente l'individuazione di nuovi usi per le eccedenze e i sottoprodotti alimentari. Gli strumenti di supporto individuati durante i focus group del WP 2.1 comprendono incentivi finanziari, sovvenzioni, agevolazioni fiscali, programmi di finanziamento all'innovazione, cluster industriali e piattaforme digitali che facilitano lo scambio di risorse e la collaborazione tra imprese.

I focus group mostrano che questo quadro normativo è percepito dall'industria sia come fattore abilitante sia, più frequentemente, come la barriera singola più significativa alla simbiosi industriale. Nei focus group e nelle interviste sloveni e intersettoriali tra paesi, i partecipanti hanno ripetutamente individuato l'onere amministrativo, l'interpretazione prudente delle norme UE e la mancanza di competenze specifiche di settore tra i regolatori come fattori che scoraggiano scambi altrimenti vantaggiosi dal punto di vista ambientale. Il sondaggio del WP 2.3 lo conferma quantitativamente: la sicurezza alimentare (32%) e la conformità ambientale (33%) sono state individuate come le due aree normative dominanti che incidono sulla gestione dei sottoprodotti, e l'onere amministrativo associato ai permessi e ai costi di conformità è stato indicato come il principale tipo di barriera normativa. I requisiti di salute e sicurezza sul lavoro (SSL) legati a rischi biologici, chimici o di processo sono risultati un vincolo meno determinante, con solo il 10% dei rispondenti che dichiara che la SSL limita in modo significativo il riutilizzo o lo scambio dei sottoprodotti.

1.4 Connessioni Intersettoriali

La simbiosi industriale nel settore alimentare si basa in larga misura sulla collaborazione intersettoriale, che consente ai sottoprodotti e ai materiali residui di essere utilizzati come risorse in altre industrie. Diverse connessioni ricorrono costantemente nella ricerca SYMBIOS.

Connessioni in Ingresso: Cosa Confluisce nella Produzione Alimentare e delle Bevande

Sebbene il settore agroalimentare sia meglio conosciuto come generatore di flussi di sottoprodotti in uscita, esso riceve anche input da altri settori che sono a loro volta il prodotto della simbiosi industriale altrove nell'economia. L'acqua rigenerata proveniente dal trattamento delle acque reflue municipali e industriali, disciplinata dal Regolamento (UE) 2020/741, è sempre più utilizzata per l'irrigazione agricola a sostegno della produzione alimentare, in particolare nelle regioni con scarsità idrica. I nutrienti recuperati dai sottoprodotti di altri settori possono sostituire parte della domanda di input fertilizzanti vergini nella produzione agricola: i sottoprodotti del cuoio chrome-free, ad esempio, sono già valorizzati in fertilizzanti e biostimolanti da aziende come SICIT e ILSA nel modello parallelo del settore pelle sviluppato nell'ambito del Work Package 2, a illustrazione di un flusso

diretto in ingresso dal secondo settore target del progetto SYMBIOS verso la produzione primaria dell'agroalimentare stesso. L'energia e il calore recuperati da altri processi industriali, seguendo la stessa logica dimostrata a Kalundborg (Sezione 1.5), possono in linea di principio alimentare gli impianti di trasformazione alimentare situati all'interno dello stesso distretto industriale.

Connessioni in Uscita: Dove Vanno i Sottoprodotti Alimentari e delle Bevande

Le destinazioni dei sottoprodotti variano a seconda del flusso e del settore, e diverse connessioni ricorrono costantemente nella ricerca SYMBIOS:

- **Alimentare e agricoltura:** i residui organici della lavorazione alimentare vengono trasformati in mangimi, fertilizzanti e ammendanti per il suolo; i nutrienti contenuti nei residui agricoli e alimentari possono sostituire parte della domanda di input fertilizzanti vergini (Regolamento (UE) 2019/1009).
- **Alimentare ed energia:** i rifiuti organici vengono convertiti in biogas, biometano ed elettricità attraverso la digestione anaerobica e sistemi di cogenerazione; la CO₂ catturata dalla fermentazione della birrificazione viene riutilizzata come materia prima nell'industria chimica, una pratica già documentata in Slovenia.
- **Alimentare e pelle (simbiosi agroalimentare–pelle):** i macelli e gli impianti di lavorazione delle carni generano pelli e cuoi che costituiscono la principale materia prima per la produzione di cuoio, rappresentando una delle relazioni di simbiosi industriale più antiche e consolidate esistenti: circa il 99% della produzione mondiale di cuoio ha origine da pelli e cuoi generati dai settori della carne e dei latticini.
- **Alimentare e chimica / biotecnologie / farmaceutica / cosmetica:** sottoprodotti quali bucce di frutta, grassi animali, tessuti ricchi di proteine, ossa e tessuto connettivo vengono convertiti in oli essenziali, collagene, gelatina, composti bioattivi, enzimi e biopolimeri utilizzati in cosmetica, farmaceutica e nutraceutica.
- **Alimentare ed edilizia / materiali:** i rifiuti di imballaggio e i residui di lavorazione confluiscono anche in applicazioni di materiali e rivestimenti; ad esempio, la cutina estratta dagli scarti di lavorazione del pomodoro è stata utilizzata per sviluppare un rivestimento applicato alla banda stagnata utilizzata per l'imballaggio all'interno della stessa filiera del pomodoro, un esempio fornito direttamente da un esperto accademico italiano intervistato nell'ambito del WP 2.

Modalità di Collaborazione e Interazione

La collaborazione tra le aziende alimentari e delle bevande e i loro partner simbiotici varia dallo scambio informale alla cooperazione altamente strutturata e basata su cluster. Diverse modalità ricorrenti sono state individuate nella ricerca del WP 2:

- **Fornitura diretta tra aziende:** l'esempio documentato più chiaro è Salumificio Trascinelli Pietro Srl, che fornisce direttamente all'industria della pasta ripiena ritagli di salumi selezionati e confezionati, recuperando materie prime a base di carne senza intermediari.
- **Intermediari e mediatori:** particolarmente importanti per le PMI, poiché preservare la qualità del sottoprodotto per accedere ad applicazioni a valore più elevato e negoziare contratti di fornitura richiede spesso competenze commerciali specialistiche che le singole aziende non possiedono internamente (Sezione 2.1).
- **Cluster industriali e territoriali:** associazioni multi-portatore d'interesse quali CL.A.N., il Cluster Agroalimentare Nazionale italiano, e Partenariati Strategici per la Ricerca e l'Innovazione come lo sloveno SRIP HRANA, mettono insieme aziende, associazioni, università e centri di formazione attorno a un'attività congiunta di economia circolare (Sezione 2.3).
- **Piattaforme digitali di matchmaking:** strumenti come Simbylay in Spagna, e la stessa Piattaforma Digitale SYMBIOS, aiutano le aziende a individuare potenziali partner e risorse disponibili, affrontando direttamente il divario di consapevolezza che la ricerca del WP 2 individua ripetutamente come un vincolo determinante per l'attuazione (Sezione 2.1).

Considerazioni sui Costi-Benefici

I benefici economici di tali collaborazioni comprendono la riduzione dei costi di gestione dei rifiuti, una minore spesa per le materie prime, un aumento dei ricavi dalla vendita di sottoprodotti e un miglioramento dell'efficienza delle risorse; i benefici ambientali comprendono la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, tassi più bassi di conferimento in discarica e una minore estrazione di risorse vergini. Tuttavia, un'attuazione efficace può essere vincolata dai costi di trasporto, dalla complessità normativa, dai requisiti di garanzia della qualità, dall'incertezza di mercato e dalla necessità di fiducia e coordinamento tra i portatori d'interesse (Van Capelleveen et al., 2018; Pajares et al., 2023).

Approfondimento: Simbiosi Industriale Alimentare–Pelle

La relazione tra l'industria alimentare e quella conciaria rappresenta uno degli esempi più antichi e consolidati di simbiosi industriale, ed è di diretta rilevanza strategica per il progetto SYMBIOS poiché la pelle è il secondo settore target del partenariato. I macelli e gli impianti di lavorazione delle carni generano grandi quantità di pelli e cuoi animali come sottoprodotti inevitabili della produzione di carne. Anziché essere smaltiti come rifiuti, questi materiali vengono raccolti e forniti alle concerie, dove vengono trasformati in cuoio per l'uso nell'industria calzaturiera, dell'arredamento, automobilistica, della moda e della tappezzeria, garantendo che i materiali di origine animale siano pienamente utilizzati, riducendo la generazione di rifiuti e massimizzando il valore economico lungo l'intera catena del valore zootecnica (UNIDO, 2017; Buljan & Kral, 2015).

Oltre a pelli e cuoi, anche altri sottoprodotti della lavorazione delle carni possono essere valorizzati attraverso percorsi di simbiosi industriale. I grassi animali e il sego generati durante la macellazione e la renderizzazione sono sempre più utilizzati come materie prime per la produzione di biodiesel, oleochimica, lubrificanti, saponi, detergenti e altri prodotti bio-based, riducendo la dipendenza dalle risorse fossili e creando al contempo flussi di ricavi aggiuntivi. I residui ricchi di proteine, quali tessuti connettivi, ossa, tendini e ritagli di pelle, possono essere lavorati per estrarre collagene e gelatina, ampiamente utilizzati nei settori alimentare, farmaceutico, cosmetico, biomedico e nutraceutico (Lasekan et al., 2013; Gómez-Guillén et al., 2011). L'attuazione efficace della simbiosi industriale alimentare–pelle dipende dalla conformità normativa, dalla tracciabilità dei materiali, dalla capacità tecnologica e dalla domanda di mercato per le materie prime seconde, ed è sempre più riconosciuta come un percorso strategico per migliorare l'efficienza delle risorse e sostenere lo sviluppo di sistemi di bioeconomia circolare a livello regionale e nazionale.

1.5 Buone Pratiche e Benchmark

Diversi casi documentati, raccolti sia dalla letteratura internazionale sia dalle interviste e dai focus group dello stesso progetto SYMBIOS, dimostrano come la simbiosi industriale possa migliorare l'efficienza delle risorse, ridurre la generazione di rifiuti e creare nuove opportunità economiche all'interno delle industrie legate al settore alimentare.

Modello 1. Rete di Simbiosi di Kalundborg (Danimarca)

Sviluppato nell'arco di diversi decenni, Kalundborg è ampiamente considerato il primo sistema di simbiosi industriale al mondo, e coinvolge una rete di organizzazioni pubbliche e private che si scambiano energia, acqua, vapore, gesso, biomassa e altri materiali residui. Sebbene non sia focalizzato esclusivamente sul settore alimentare, resta il benchmark globale per i modelli di condivisione delle risorse applicabili alle industrie agroalimentari. Il sistema si basa sul principio secondo cui l'output o il flusso residuo di un'azienda diventa un input di valore per un'altra, riducendo il consumo di risorse, la generazione di rifiuti e l'impatto ambientale, creando al contempo un beneficio economico per tutti i partecipanti.

Input	Output / Risorse Scambiate
Acque superficiali (Lago Tissø) e acque sotterranee	Acqua di raffreddamento e acque reflue trattate
Biomassa, gas naturale, combustibili e prodotti di raffinazione	Biogas, vapore, calore residuo, teleriscaldamento, gas di raffinazione
Materie prime industriali ed elettricità	Gesso (per i produttori di cartongesso), ceneri volanti e clinker (per l'industria del cemento)

Input	Output / Risorse Scambiate
Input agricoli e sostanze chimiche	Fanghi e fertilizzanti, zolfo e altri sottoprodotti
Acqua di processo e materiali organici	Residui di biomassa reindirizzati alla bioenergia o all'agricoltura

Tabella 3. Principali flussi di risorse nella rete di Simbiosi di Kalundborg (adattato da Chertow, 2007; Jacobsen, 2006).

Nell'arco di diversi decenni sono stati sviluppati a Kalundborg oltre venti scambi di risorse riguardanti acqua, energia e materiali, generando significative riduzioni delle emissioni di gas a effetto serra, del consumo di acqua dolce, dell'uso di energia e della generazione di rifiuti, migliorando al contempo le prestazioni economiche delle organizzazioni partecipanti. Il successo di Kalundborg è ampiamente attribuito alla prossimità geografica, a relazioni basate sulla fiducia tra i portatori d'interesse, all'impegno di lungo periodo e all'individuazione di opportunità di business reciprocamente vantaggiose, a dimostrazione che la simbiosi industriale può evolvere gradualmente attraverso la cooperazione guidata dal mercato anziché basarsi esclusivamente sull'intervento normativo.

Modello 2. Valorizzazione delle Trebbie di Birrificazione (BSG)

All'interno dell'industria alimentare, uno degli esempi di simbiosi industriale di maggior successo riguarda la valorizzazione delle trebbie di birrificazione, il principale sottoprodotto della produzione di birra, che rappresenta circa l'85% del volume totale dei sottoprodotti della birrificazione. Ricche di fibra alimentare, proteine, cellulosa, emicellulosa e composti bioattivi, le BSG sono andate ben oltre il loro ruolo tradizionale di mangime per il bestiame a basso valore. Secondo la Convenzione Europea della Birra, oltre il 70% delle trebbie di birrificazione prodotte in Europa è attualmente utilizzato come mangime per animali, attraverso partenariati di lungo periodo tra i principali produttori di birra (ad esempio Heineken, Carlsberg, AB InBev) e agricoltori locali.

Percorsi a valore più elevato sono sempre più documentati: il Circular Community Project del Gruppo Carlsberg in Danimarca ha esaminato le BSG come fonte di fibra alimentare e ingredienti proteici per pane, cereali per la colazione, snack e alimenti arricchiti di proteine. L'azienda belga Pure Grain raccoglie le BSG dai birrifici regionali per produrre farina ricca di proteine e ingredienti fibrosi per prodotti da forno, sostituti della carne e pasta. I birrifici in Germania, Belgio e Paesi Bassi forniscono trebbie agli impianti di digestione anaerobica per la produzione di biogas e biometano; e i ricercatori in Portogallo hanno sviluppato percorsi di fermentazione che convertono le BSG in bioetanolo e altri prodotti chimici bio-based. Le università europee hanno inoltre incorporato fibre estratte dalle trebbie in compositi biodegradabili e materiali di imballaggio. La disponibilità costante, la composizione nutrizionale favorevole e la distanza di trasporto tipicamente breve delle

BSG spiegano perché siano ampiamente considerate uno dei modelli di simbiosi industriale più replicabili nel settore agroalimentare.

Modello 3. Valorizzazione del Siero di Latte

La trasformazione del siero di latte da passività ambientale a risorsa industriale di alto valore è un'altra storia di successo frequentemente citata. Il siero, generato durante la produzione di formaggio e caseina, era storicamente considerato un flusso di rifiuto problematico a causa dell'elevato carico organico e dei costi di smaltimento. I progressi nella filtrazione a membrana, nelle tecnologie di essiccazione e nell'estrazione delle proteine hanno consentito all'industria lattiero-casearia di convertire il siero in concentrati e isolati proteici del siero di latte, lattosio, ingredienti per formule per l'infanzia, integratori per la nutrizione sportiva e alimenti funzionali, mentre i flussi residui vengono utilizzati per la produzione di bioetanolo, la generazione di biogas e la fermentazione microbica. Le interviste condotte con aziende lattiero-casearie nell'ambito del WP 2 confermano che questa transizione è già ben avviata a livello aziendale: il siero viene tipicamente concentrato fino a circa il 30% di sostanza secca e venduto in forma liquida, principalmente per l'esportazione, sebbene la domanda per questo materiale sia descritta dall'industria come attualmente superiore alla capacità di trasformazione a valle disponibile (Smithers, 2008; Prazeres, Carvalho & Rivas, 2012).

Modello 4. Sottoprodotti della Lavorazione di Frutta e Verdura

Grandi quantità di bucce, semi, sansa e polpa vengono generate durante le operazioni di lavorazione di succhi, vino, pomodoro, olio d'oliva e verdure. Questi residui contengono composti di valore quali polifenoli, fibre alimentari, antiossidanti, pigmenti e oli essenziali. Le iniziative di simbiosi industriale hanno consentito partenariati tra trasformatori alimentari, produttori cosmetici, aziende farmaceutiche e imprese biotecnologiche per recuperare questi composti da utilizzare in nutraceutica, cosmetica, additivi alimentari e materiali bio-based: ad esempio, la vinaccia delle cantine è sempre più utilizzata per estrarre antiossidanti e composti fenolici, mentre le bucce di agrumi costituiscono fonti di pectina e oli essenziali (Mirabella, Castellani & Sala, 2014; Galanakis, 2012).

I sistemi di trasformazione da rifiuto alimentare a energia rappresentano un altro modello altamente replicabile. In tutta Europa, gli impianti di digestione anaerobica ricevono residui organici da produttori alimentari, supermercati, ristoranti e produttori agricoli per generare biogas e digestato. Paesi come Germania, Danimarca, Paesi Bassi e Italia hanno integrato con successo le industrie di trasformazione alimentare con i settori agricolo ed energetico attraverso reti regionali del biogas (Ramos-Suárez et al., 2018).

Focus Group SYMBIOS: Casi Studio Nazionali Emergenti

La ricerca del WP 2 ha inoltre fatto emergere diversi casi concreti riportati direttamente da aziende e ricercatori intervistati nei tre paesi partner, che illustrano come i modelli generali sopra descritti si traducano nella pratica locale:

- **Italia — cutina di pomodoro per rivestimenti in banda stagnata:** la cutina estratta dagli scarti di lavorazione del pomodoro è stata utilizzata per sviluppare un rivestimento applicato alla banda stagnata utilizzata per l'imballaggio all'interno della filiera del pomodoro, un esempio fornito direttamente da un esperto accademico italiano intervistato nell'ambito del WP 2.
- **Italia — progetti Agrimax ed Ecolab 2:** progetti collaborativi di ricerca e dimostrazione che convertono i rifiuti alimentari in prodotti a valore aggiunto attraverso approcci di bioraffineria, compresa l'applicazione dei principi di simbiosi industriale ai flussi di rifiuti municipali e agroindustriali nel Cluster Agroalimentare dell'Emilia-Romagna.
- **Slovenia — recupero di CO₂ e fosforo:** cattura e riutilizzo delle emissioni di CO₂ dai birrifici come materia prima per l'industria chimica, e recupero del fosforo dalle acque reflue, insieme all'estrazione ad alto valore di pectina, composti bioattivi e film barriera derivati dal siero di latte.
- **Slovenia — piume trasformate in fibra tessile:** collaborazione tra un portatore d'interesse agroalimentare e facoltà universitarie di chimica/tessile per estrarre cheratina dalle piume avicole da utilizzare in fibre tessili antimicrobiche per materiali sanitari e farmaceutici, a illustrazione di percorsi ad alto potenziale dalla ricerca all'industria che, come osservato dai partecipanti ai focus group, spesso non riescono a progredire verso l'attuazione commerciale.
- **Spagna — sottoprodotti della carne:** conversione di ossa, sangue e grasso dell'industria della carne in materiali di valore, sottoprodotti di frutta e verdura reindirizzati ai mangimi, e olio da cucina esausto convertito in biodiesel, a riflesso di un approccio spagnolo pratico e orientato al mercato che privilegia la prossimità geografica, l'aggregazione industriale e i meccanismi di intermediazione/mediazione, particolarmente importanti per le PMI.

Piattaforme Digitali a Supporto della Simbiosi Industriale

In tutta Europa, la simbiosi industriale è stata sempre più promossa attraverso programmi dedicati di facilitazione regionale e nazionale e strumenti digitali individuati durante la ricerca SYMBIOS, che forniscono riferimenti progettuali diretti per la stessa Piattaforma Digitale SYMBIOS (Work Package 3):

- **National Industrial Symbiosis Programme (NISP, Regno Unito):** ampiamente riconosciuto come una delle iniziative di facilitazione di maggior successo, che collega migliaia di aziende e devia dalla discarica milioni di tonnellate di rifiuti (Laybourn & Lombardi, 2012).
- **VCG.AI (Value Chain Generator):** una piattaforma basata su intelligenza artificiale e apprendimento automatico che mette in collegamento aziende di settori e paesi diversi sulla base di prodotti, residui e rifiuti, trasformando i rifiuti da costo a risorsa generatrice di ricavi.
- **CIRCI baza (Slovenia):** una piattaforma digitale per la simbiosi industriale che collega le aziende per lo scambio di materie prime seconde e la gestione efficiente dei flussi di materiali.
- **SCKG Toolkit e il Centro Sloveno per l'Economia Circolare:** una piattaforma interattiva che offre strumenti di autovalutazione della circolarità, uno strumento di progettazione di modelli di business verdi (Be2GreenHub), e un servizio di consulenza esperta e mentoring per le PMI.
- **SRIP HRANA (Slovenia):** un Partenariato Strategico per la Ricerca e l'Innovazione di lungo periodo per la Produzione Alimentare Sostenibile, che mette in collegamento aziende agricole, imprese, cooperative, istituzioni di ricerca e investitori.
- **Progetto SYMBIOS:** un progetto UE che riunisce otto partner provenienti da sei paesi per costruire modelli di business bio-based fondati sulla circolarità fin dalla fase di progettazione e sulla simbiosi industriale.

Modelli Replicabili

Non tutti i modelli documentati in questa sezione sono ugualmente facili da replicare. Letti nel loro insieme, suggeriscono tre livelli di replicabilità, utili per stabilire priorità su dove la formazione e il supporto al matching di SYMBIOS possano avere l'impatto più rapido.

- **Fornitura diretta e bilaterale di sottoprodotti (stile Salumificio Trascinelli Pietro srl):** il modello più facile da replicare. Qualsiasi azienda che generi un flusso di sottoprodotti ben caratterizzato e sicuro dal punto di vista alimentare può, in linea di principio, venderlo direttamente a un acquirente a valle già esistente (mangimi, pasta ripiena, renderizzazione) con un investimento minimo, a condizione che il materiale sia adeguatamente documentato e tracciabile.
- **Valorizzazione consolidata di singoli flussi (trebbie di birrificazione, siero di latte, sottoprodotti di frutta e verdura):** prontamente replicabile ovunque esista già l'infrastruttura di lavorazione rilevante, poiché i mercati degli acquirenti, il know-how tecnico e, nella maggior parte dei casi, il necessario percorso normativo sono già consolidati; la barriera principale è la consapevolezza e la connessione, non la tecnologia.

- **Cluster industriali multi-partner (stile Kalundborg):** il livello più difficile da replicare rapidamente, poiché richiede una governance di lungo periodo, fiducia tra più organizzazioni e spesso un coordinamento pubblico o a livello di cluster del tipo fornito da CL.A.N. o SRIP HRANA; questi modelli si sviluppano gradualmente anziché essere adottati integralmente.

1. Fornitura diretta di sottoprodotti Vendita diretta a un acquirente esistente (stile Trascinelli Pietro srl) Investimento minimo, richiede solo tracciabilità del materiale	Facile
2. Valorizzazione di flussi consolidati Trebbe di birrificazione, siero di latte, scarti di frutta e verdura Infrastruttura e mercati esistenti: la barriera è la consapevolezza	Medio
3. Cluster industriali multi-partner Modello stile Kalundborg, coordinamento tra più organizzazioni Richiede governance di lungo periodo e fiducia reciproca	Difficile

Cosa Funziona e Cosa Ostacola

La letteratura individua diversi fattori critici di successo che determinano l'efficacia delle iniziative di simbiosi industriale: un forte sostegno normativo, mercati stabili per le materie prime seconde, disponibilità affidabile dei flussi di sottoprodotti, innovazione tecnologica, coinvolgimento dei portatori d'interesse, prossimità geografica, fiducia tra i partecipanti e meccanismi di comunicazione efficaci, con piattaforme digitali e strumenti di matching delle risorse che facilitano sempre più l'individuazione di opportunità simbiotiche (Van Capelleveen et al., 2018). Nonostante questi successi, diverse barriere continuano a limitare un'adozione più ampia: incertezza normativa riguardo alla classificazione dei sottoprodotti, infrastrutture insufficienti, costi di trasporto, conoscenze tecniche limitate, mancanza di investimenti, variabilità della qualità dei materiali secondari, e preoccupazioni legate alla tracciabilità e alla sicurezza alimentare. Anche le barriere sociali e organizzative, compresa la riluttanza a condividere informazioni e la mancanza di fiducia tra i portatori d'interesse, entrambe confermate ripetutamente durante i focus group SYMBIOS, possono ostacolare la collaborazione. Di conseguenza, il sostegno politico, il rafforzamento delle

capacità, lo sviluppo tecnologico e il coinvolgimento dei portatori d'interesse restano essenziali per scalare la simbiosi industriale e massimizzarne il contributo all'economia circolare e allo sviluppo industriale sostenibile (Commissione Europea, 2020; Neves et al., 2020).

Capitolo 2 – Conoscenze e Competenze per la Simbiosi Industriale

Se il Capitolo 1 stabilisce che la simbiosi industriale nel settore agroalimentare è tecnicamente praticabile, vantaggiosa dal punto di vista ambientale e sempre più sostenuta dalle politiche, il lavoro sul campo del WP 2 mostra costantemente che il suo principale collo di bottiglia non è più puramente tecnologico: è la disponibilità delle conoscenze e delle competenze giuste, distribuite correttamente tra i diversi attori che devono agire insieme affinché uno scambio simbiotico si realizzi. Questo capitolo mappa tale divario di conoscenze e competenze, attingendo direttamente al sondaggio intersettoriale tra paesi del WP 2.3 (30 aziende, Spagna–Italia–Slovenia), alle interviste approfondite del WP 2.3 con rappresentanti aziendali ed esperti accademici, e ai focus group sloveno e spagnolo (WP 2.1).

2.1 Conoscenze e Competenze Richieste

In tutte le fonti di dati, le competenze necessarie per rendere operativa la simbiosi industriale si raggruppano in nove ambiti interconnessi, ciascuno descritto di seguito. Ogni ambito è inoltre mappato rispetto al Quadro Europeo delle Qualifiche (EQF), alla classificazione ESCO di competenze, abilità, qualifiche e occupazioni, e al GreenComp, il Quadro Europeo delle Competenze per la Sostenibilità (la mappatura completa è presentata nell'Allegato D). Il sondaggio del WP 2.3 ha chiesto alle aziende di valutare il proprio livello di competenza in tredici ambiti specifici. La conoscenza del quadro normativo e il lean management hanno ottenuto i punteggi più alti, e la gestione dell'energia (ISO 50001) e le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD) i punteggi più bassi, uno schema che orienta le priorità descritte di seguito. L'investimento in formazione per colmare questi divari resta straordinariamente basso in tutto il settore: solo il 7% delle aziende intervistate investe in formazione con regolarità, il 60% lo fa solo occasionalmente, e il 33% non investe affatto in formazione, un risultato che rafforza la necessità, discussa nella Sezione 2.3, che la formazione venga erogata in formati brevi, a basso costo e facilmente accessibili se si vuole raggiungere la maggioranza del settore.

Gestione dei Rifiuti e dei Sottoprodotti e Quadro Normativo

EQF 4–5 · ESCO: Tecnico Ambientale, Responsabile della Gestione dei Rifiuti · GreenComp: Agire per la sostenibilità

La capacità tecnica di caratterizzare, classificare, immagazzinare, trattare e documentare sottoprodotti e flussi di rifiuti in modo che possano essere scambiati legalmente e in sicurezza. Ciò

comprende la conoscenza pratica della distinzione tra lo status di rifiuto e quello di sottoprodotto ai sensi della Direttiva Quadro sui Rifiuti, la gestione conforme al sistema HACCP, lo stoccaggio refrigerato/sottovuoto e la documentazione di tracciabilità, competenze che le aziende intervistate nell'ambito del WP 2.3 descrivono generalmente come già presenti internamente, ma non sufficientemente supportate da risorse e tempo dedicati.

Efficienza delle Risorse, LCA Assessment e Analisi dei Flussi di Materia/Energia

EQF 5–6 · ESCO: Ingegnere Ambientale, Esperto Ambientale · GreenComp: Abbracciare la complessità nella sostenibilità

La capacità di mappare i flussi di materia, energia e acqua (ad esempio, Analisi dei Flussi di Materia, audit energetici) al fine di individuare cosa un'azienda ha a disposizione da offrire e cosa necessita di approvvigionare. Gli esperti accademici intervistati nell'ambito del WP 2.3 hanno individuato "la capacità di analizzare i flussi di materia" e il "pensiero sistemico" come competenze fondamentali per qualsiasi manager che intenda rendere operativa la simbiosi industriale, mentre i risultati del sondaggio mostrano che questo resta uno degli ambiti di competenza aziendale autovalutata più deboli, insieme alla Valutazione del Ciclo di Vita (LCA) e alle Dichiarazioni Ambientali di Prodotto, strettamente collegate tra loro e entrambe con punteggi bassi.

Negoziazione Commerciale e Sviluppo del Business Case

EQF 6–7 · ESCO: Esperto Ambientale (funzione di consulenza) · GreenComp: Agire per la sostenibilità

La capacità di tradurre un'opportunità ambientale in un business case praticabile: determinare il prezzo di un sottoprodotto, negoziare contratti di fornitura, e costruire la valutazione costi-benefici e tecnico-economica necessaria per convincere i decisori interni e i partner esterni. Sia le interviste accademiche sia quelle aziendali sottolineano questa dimensione: i ricercatori spagnoli, in particolare, hanno enfatizzato l'importanza di preservare la qualità del sottoprodotto per accedere ad applicazioni a valore più elevato e di utilizzare intermediari e mediatori per rendere gli scambi commercialmente attraenti, in particolare per le PMI.

Networking e Costruzione di Partnership

EQF 5–7 · ESCO: trasversale, non legata a una singola professione · GreenComp: Agire per la sostenibilità

La competenza relazionale necessaria per individuare potenziali partner, costruire fiducia e sostenere collaborazioni di lungo periodo, spesso intersettoriali. Questo è emerso come uno dei divari più frequentemente citati in tutte le fonti del WP 2.3: le aziende riportano una persistente mancanza di consapevolezza riguardo a potenziali partner, risorse disponibili e sottoprodotti esistenti, e il focus group sloveno ha esplicitamente proposto una piattaforma di matching dedicata, che funzioni come "biglietto da visita" per le aziende, come lo strumento singolarmente più richiesto.

Gestione dei Progetti

EQF 6–7 · ESCO: trasversale, rilevante in tutte e quattro le professioni verdi indicate · GreenComp: Agire per la sostenibilità

La capacità di strutturare, finanziare e guidare un'iniziativa simbiotica dall'idea all'attuazione, compresa la navigazione dei bandi di finanziamento pubblico e privato, la gestione di progetti multi-portatore d'interesse e la gestione delle procedure amministrative associate alle richieste di sovvenzione, una competenza esplicitamente richiesta dai partecipanti ai focus group, i quali hanno osservato che promettenti collaborazioni di ricerca spesso non riescono a progredire verso l'attuazione pratica. Gli esperti accademici intervistati nell'ambito del WP 2.3 hanno specificamente indicato la disponibilità di fasi iniziali dotate di risorse e finanziate per le start-up innovative di valorizzazione come una condizione abilitante fondamentale che le competenze di gestione dei progetti devono essere in grado di garantire.

Problem-Solving e Pensiero Sistemico

EQF 5–7 · ESCO: competenza fondamentale trasversale · GreenComp: Abbracciare la complessità nella sostenibilità

La capacità di pensare oltre i confini della propria singola azienda e di comprendere come una risorsa generata in un processo possa servire un'industria completamente diversa. Gli esperti accademici intervistati nell'ambito del WP 2.3 hanno ripetutamente indicato il pensiero sistemico, la conoscenza della sostenibilità e la collaborazione intersettoriale come competenze fondamentali per manager efficaci della simbiosi, insieme a competenze "trasversali" orientate all'innovazione come l'apertura mentale e il problem-solving.

Competenze Digitali (Piattaforme, Analisi dei Dati e Rendicontazione ESG)

EQF 4–6 · ESCO: Tecnico Ambientale; Tecnologie di Protezione Ambientale · GreenComp: Agire per la sostenibilità

La capacità di utilizzare piattaforme e banche dati digitali di matching delle risorse, di gestire e interpretare dati di sostenibilità (anche ai fini della rendicontazione ESG e CSRD), e di applicare strumenti di monitoraggio digitale per tracciare i flussi di rifiuti e sottoprodotti. Il sondaggio mostra che solo il 7% dei sistemi di monitoraggio intervistati è supportato digitalmente, contro il 53% che si affida a un monitoraggio quantitativo avanzato ma manuale e il 40% a un monitoraggio qualitativo di base, indicando un notevole margine per la digitalizzazione.

Mappatura e Caratterizzazione dei Flussi Secondari

EQF 4–5 · ESCO: Tecnico Ambientale · GreenComp: Abbracciare la complessità nella sostenibilità

Una competenza distinta, più applicativa rispetto alla conoscenza generale della gestione dei rifiuti: la capacità di inventariare, caratterizzare e documentare i propri flussi di sottoprodotti aziendali con la specificità necessaria per individuare opportunità di valorizzazione e comunicarle in modo

credibile a potenziali partner. Gli esperti accademici intervistati nell'ambito del WP 2.3, in particolare quelli con sede in Slovenia, hanno individuato questa come la base necessaria di qualsiasi modello efficace di simbiosi industriale, sulla base del principio secondo cui un'azienda non può accedere a opportunità simbiotiche che non ha prima mappato e compreso nelle proprie operazioni. Questa distinzione ha un'implicazione diretta per la progettazione curricolare: la caratterizzazione dei flussi secondari merita un trattamento come modulo autonomo anziché essere inglobata in contenuti generici sulla gestione dei rifiuti.

Bioteconologie e Percorsi di Valorizzazione Avanzati

EQF 6–7 · ESCO: Esperto Ambientale; Tecnologie di Protezione Ambientale · GreenComp: Immaginare futuri sostenibili

Un ambito di competenza emergente e più specialistico, individuato principalmente dagli intervistati accademici spagnoli nell'ambito del WP 2.3: processi di bioconversione enzimatica e microbica in grado di trasformare rifiuti a basso valore in proteine, composti bioattivi, enzimi e biopolimeri; tecnologie avanzate di estrazione e separazione (ultrasuoni, microonde, fluidi supercritici, solventi verdi); e l'integrazione di queste tecniche in modelli di bioraffineria che combinano più tecnologie per massimizzare l'utilizzo delle risorse. Gli intervistati accademici italiani hanno analogamente enfatizzato la fermentazione e l'idrolisi come percorsi di valorizzazione prioritari. Sebbene questa resti una conoscenza specialistica più adatta a ricercatori, consulenti e specialisti tecnici, la sua crescente rilevanza per applicazioni agroalimentari ad alto valore ne giustifica l'inclusione in contenuti formativi avanzati e specialistici.

Prospettive Specifiche per Paese degli Esperti Accademici

Le cinque interviste accademiche condotte nell'ambito del WP 2.3 tra Spagna, Slovenia e Italia rivelano un certo grado di differenziazione geografica nel modo in cui i ricercatori inquadrano l'agenda delle competenze, utile per calibrare l'enfasi dei contenuti del MOOC SYMBIOS. I ricercatori spagnoli adottano una prospettiva pratica, orientata all'applicazione, dando priorità alla diversificazione degli output e a percorsi commerciali chiari con tecnologie relativamente semplici, insieme alle competenze più avanzate di biotecnologia ed estrazione descritte sopra. I ricercatori sloveni pongono in primo piano il lato più sistemico e tecnologicamente avanzato dell'agenda, recupero delle risorse, integrazione energetica e progettazione di sistemi circolari, ritornando costantemente sulla mappatura dei flussi secondari come punto di partenza non negoziabile per il percorso simbiotico di qualsiasi azienda. I ricercatori italiani attribuiscono particolare peso al divario nel trasferimento delle conoscenze: gli studi esistenti sulla simbiosi industriale e le conoscenze tecniche, nella loro valutazione, restano in gran parte inaccessibili ai professionisti al di fuori delle università, e si mostrano notevolmente più scettici rispetto ai loro omologhi spagnoli e sloveni riguardo alla misura in cui certificazioni e politiche UE abbiano, nella pratica, guidato l'innovazione simbiotica, citando le procedure complesse richieste per la conformità specifica del settore alimentare (ad esempio, il Regolamento (CE) n. 1935/2004 sui materiali a contatto con gli alimenti) come un disincentivo per le aziende più piccole. In tutti e tre i paesi, tuttavia, gli intervistati accademici convergono su un punto: le competenze di collaborazione intersettoriale, la negoziazione, l'apertura verso partner e modelli di business non familiari, e il problem-solving strutturato sono state considerate altrettanto importanti quanto la competenza tecnica, e per certi aspetti più difficili da insegnare attraverso curricula convenzionali.

Sintesi: Dove il Divario è Maggiore

Ambito di competenza	Livello autovalutato (sondaggio WP 2.3)	Priorità strategica per la formazione
Quadro normativo (rifiuti, sottoprodotti, SSL)	Alto	Mantenere / aggiornare al mutare della normativa
Lean management e miglioramento continuo	Alto	Mantenere; collegare esplicitamente agli indicatori di circolarità
Sistema di Gestione Ambientale ISO 14001	Medio-alto	Mantenere; utilizzare come punto di ingresso ai contenuti IS
Coinvolgimento dei portatori d'interesse / collaborazione intersettoriale per la IS	Medio	Rafforzare attraverso strumenti di matching e networking
Concetti e modello di simbiosi industriale	Medio	Rafforzare attraverso formazione strutturata e accessibile (MOOC)
Valutazione economica di soluzioni circolari/simbiotiche	Medio	Rafforzare: formazione su costi-benefici e modelli di business
Strumenti digitali per il monitoraggio e il matching delle risorse	Basso-medio	Priorità: alfabetizzazione sulla piattaforma e monitoraggio digitale
Gestione dei dati ESG	Medio	Rafforzare in linea con l'attuazione della CSRD
Mappatura dei flussi di materia, energia e acqua (MFA)	Basso	Area formativa prioritaria
Valutazione del Ciclo di Vita	Basso	Area formativa prioritaria
EPD / etichettatura ambientale (EMAS, ecc.)	Basso	Area formativa prioritaria
Sistema di Gestione dell'Energia ISO 50001	Più basso	Area formativa a priorità massima

Tabella 4. Livelli di competenza autovalutati e priorità formative, aziende agroalimentari, Spagna–Italia–Slovenia (sondaggio WP 2.3, n=30).

2.2 Competenze per Gruppo Target

Poiché la Piattaforma Digitale SYMBIOS è progettata per servire discenti lungo tutto l'arco della vita e in fasi molto diverse della loro carriera, le conoscenze e le competenze individuate sopra devono essere tradotte in percorsi formativi differenziati per quattro gruppi target, coerentemente con la definizione di gruppo target adottata nella Convenzione di Sovvenzione del progetto. La mappatura EQF, ESCO e GreenComp introdotta nella Sezione 2.1 e dettagliata nell'Allegato D segue in larga misura anche questa suddivisione: i contenuti per neolaureati e lavoratori occupati si concentrano attorno all'EQF 4–5, mentre i contenuti strategici rivolti ai manager si concentrano attorno all'EQF 6–7, fornendo un ulteriore punto di riferimento riconosciuto esternamente per calibrare la difficoltà e il posizionamento di ciascun percorso formativo di seguito.

2.2.1 Neolaureati: Competenze di Ingresso e Profili Professionali Emergenti

I neolaureati che entrano nel mercato del lavoro agroalimentare, provenienti da percorsi di scienze alimentari, scienze ambientali, ingegneria agraria, chimica o economia aziendale, necessitano di una solida base concettuale prima di poter contribuire in modo significativo alle iniziative simbiotiche. Le competenze di ingresso comprendono:

- comprensione dei principi e della terminologia dell'economia circolare e della simbiosi industriale (sottoprodotto vs rifiuto, uso a cascata, sistemi a ciclo chiuso);
- mappatura di base dei flussi di materia ed energia;
- familiarità con l'architettura normativa UE (Direttiva Quadro sui Rifiuti, Regolamento sui Sottoprodotti di Origine Animale, normativa sulla sicurezza alimentare);
- valutazione del Ciclo di Vita introduttiva;
- competenze digitali nell'uso degli strumenti di dati sulla sostenibilità;
- competenza di Project Management e competenze economico-finanziarie.

La ricerca individua, inoltre, una serie di profili professionali emergenti per i quali i percorsi formali di qualificazione oggi sono quasi inesistenti, ma per i quali la domanda è destinata a crescere:

- il responsabile della simbiosi industriale o analista dell'economia circolare, responsabile di mappare i flussi secondari di un'azienda e individuare opportunità di matching;
- il facilitatore o mediatore della simbiosi industriale, un ruolo di crescente rilevanza dato il riscontro costante secondo cui le aziende più piccole non hanno la scala e la visibilità necessarie per individuare partner simbiotici di propria iniziativa;
- l'analista di rendicontazione sostenibilità/ESG, sempre più richiesto man mano che gli obblighi CSRD si estendono lungo le catene di fornitura;

- il tecnologo della bioraffineria/valorizzazione, in grado di collegare la tecnologia alimentare e l'ingegneria di processo per progettare usi a maggior valore per i sottoprodotti (ad esempio, estrazione di collagene, pectina o composti bioattivi).

I laureati che intraprendono questi ruoli traggono beneficio da tirocini o stage presso aziende agroalimentari, associazioni di categoria o istituti di ricerca come quelli partecipanti a SYMBIOS, che offrono un'esposizione diretta a flussi reali di sottoprodotti e alla pratica normativa.

2.2.2 Lavoratori Occupati (IFP Continua e Apprendimento Permanente): Esigenze di Upskilling e Reskilling

Per i lavoratori già occupati nelle aziende agroalimentari, responsabili qualità, supervisor di produzione, addetti ambientali/sostenibilità, tecnici, la priorità non è la conoscenza fondamentale bensì un upskilling mirato che possa essere assorbito parallelamente a un impiego a tempo pieno. Le interviste aziendali del WP 2.3 sono inequivocabili su questo punto: le aziende ritengono generalmente che la conoscenza tecnica necessaria e la competenza specifica di settore esistano già internamente, e che molti dipendenti ricevano già una qualche forma di formazione legata alla sostenibilità. Il vincolo determinante è la carenza di risorse, il tempo limitato e la mancanza delle competenze specialistiche necessarie per scalare la pratica esistente, piuttosto che una carenza di competenze di base.

Le esigenze prioritarie di upskilling individuate attraverso il sondaggio e le interviste comprendono:

- la gestione dell'energia in linea con la norma ISO 50001;
- la Valutazione del Ciclo di Vita e le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto;
- gli strumenti digitali di monitoraggio e matching;
- l'adattamento a nuovi modelli produttivi man mano che vengono introdotte pratiche simbiotiche.

Emergono dalla ricerca fra le competenze richieste alcune conoscenze tecnico-professionali specifiche quali ad esempio: l'integrazione della tecnologia di concentrazione del siero, l'adozione di sistemi idrici CIP a ciclo chiuso, o la gestione di nuove categorie di materiale recuperato (come la carta siliconata, recentemente introdotta nei flussi di riciclo da alcune aziende). Poiché questi lavoratori non possono facilmente allontanarsi dal lavoro per una formazione prolungata, il formato più efficace combina unità di apprendimento sul lavoro brevi e modulari (del tipo previsto per il MOOC SYMBIOS) con mentoring interno all'azienda e accesso a banche dati settoriali specifiche e a piattaforme di condivisione delle informazioni, entrambi individuati dalle aziende come divari attuali.

2.2.3 Manager e Decisori: Competenze Strategiche e Leadership per la Sostenibilità

I manager e i decisori (amministratori delegati, direttori generali, direttori di stabilimento, direttori della sostenibilità ecc. e dirigenti e funzionari di associazioni di categoria e pubblica amministrazione) necessitano di un mix diverso e più strategico di competenze. Gli esperti accademici intervistati nell'ambito del WP 2.3 convergono sulla posizione secondo cui i manager necessitano di una combinazione di competenze tecniche, strategiche e collaborative:

- pensiero sistemico e conoscenza della sostenibilità;
- la capacità di analizzare i flussi di materia;
- competenza nei modelli di business circolari;
- valutazione del Ciclo di Vita e valutazione tecnico-economica;
- solide capacità digitali e di gestione dei dati;
- una solida comprensione normative;
- networking e costruzione di partnership;
- negoziazione commerciale.

Altrettanto importanti sono competenze trasversali orientate all'innovazione, la collaborazione intersettoriale, la negoziazione, l'apertura mentale e il problem-solving, che consentono ai manager di individuare e agire su opportunità simbiotiche, insieme al giudizio strategico per decidere quando un sottoprodotto debba essere destinato in via prioritaria a un'applicazione a valore più elevato anziché essere avviato per default a usi di basso valore come i mangimi o il recupero energetico.

Il sondaggio del WP 2.3 conferma che le aziende considerano sempre più la leadership per la sostenibilità attraverso la lente della responsabilità esterna: i requisiti di rendicontazione ESG e CSRD, e la pressione da parte di clienti e partner della catena di fornitura, stanno già ridefinendo le priorità manageriali in materia di gestione dei rifiuti e circolarità, anche laddove il dettaglio normativo resta, nella percezione di molti rispondenti, poco chiaro o soggetto a frequenti modifiche. I manager necessitano quindi anche di competenze di negoziazione e costruzione di partnership specifiche per la simbiosi industriale: strutturare accordi di fornitura di lungo periodo per i sottoprodotti, dialogare con cluster industriali e associazioni di settore, e costruire il business case interno per l'investimento nell'infrastruttura di valorizzazione.

2.2.4 Disoccupati e Gruppi Svantaggiati: Percorsi di Riqualificazione e Reinserimento nel Mercato del Lavoro

Il gruppo target di SYMBIOS include esplicitamente persone disoccupate e individui con minori opportunità, comprese le donne che intraprendono una carriera nelle discipline STEM, i lavoratori

over 50 a rischio di obsolescenza delle competenze, e le persone in cerca di occupazione le cui precedenti competenze sono diventate meno rilevanti per la transizione verde. Per questo gruppo, la priorità è un punto di ingresso accessibile e non formale nell'economia verde che non presupponga un background tecnico pregresso:

- un'alfabetizzazione di base sull'economia circolare e la simbiosi industriale,
- la comprensione del mercato del lavoro verde emergente (cernita e caratterizzazione dei rifiuti, controllo qualità dei materiali recuperati, ruoli di ingresso nelle operazioni di valorizzazione o riciclo),
- la sicurezza nell'uso di semplici strumenti digitali quali le piattaforme di matching delle risorse.

Poiché il MOOC SYMBIOS sarà progettato come uno strumento di apprendimento aperto, gratuito, asincrono e autogestito senza requisiti di ingresso, risulterà particolarmente adatto a questo gruppo: gli individui possono studiare in qualsiasi momento, senza un orario fisso, e combinare lo sviluppo personale con la ricerca attiva di lavoro. I percorsi di riqualificazione per questo gruppo traggono beneficio dall'essere esplicitamente collegati, ove possibile, a intermediari locali del mercato del lavoro (servizi pubblici per l'impiego, camere di commercio, enti di formazione) in grado di tradurre il completamento del MOOC in un concreto passo successivo (un tirocinio, un corso professionale, o un collegamento diretto con aziende in cerca di competenze verdi di ingresso) attraverso la Sezione Community di SYMBIOS.

2.3 Strumenti Formativi e Raccomandazioni

Programmi Formativi Esistenti e Meccanismi di Supporto

Diversi programmi esistenti, individuati attraverso la ricerca nazionale SYMBIOS in tutti e tre i paesi partner, forniscono già modelli parziali su come possano essere erogati la formazione e il sostegno alla simbiosi industriale, e offrono preziosi riferimenti progettuali per la Piattaforma Digitale SYMBIOS. La Slovenia offre l'ecosistema nazionale più sviluppato di strumenti dedicati al sostegno dell'economia circolare, descritto di seguito; l'Italia e la Spagna offrono invece solide infrastrutture istituzionali e di ricerca esistenti, cluster industriali regionali, basi VET e centri di ricerca applicata, su cui può essere costruita una formazione sulla simbiosi industriale specifica di settore, sebbene una piattaforma IS dedicata paragonabile al modello sloveno non esista ancora in nessuno dei due paesi.

- **SRIP HRANA (Slovenia):** un Partenariato Strategico per la Ricerca e l'Innovazione di lungo periodo per la Produzione Alimentare Sostenibile, che mette in collegamento aziende

agricole, imprese, cooperative, istituzioni di ricerca e investitori attorno ad attività congiunte di R&S nel settore agroalimentare.

- **Il Centro Sloveno per l'Economia Circolare e il suo SCKG Toolkit (Slovenia):** una piattaforma interattiva che offre strumenti di autovalutazione della circolarità, uno strumento di progettazione di modelli di business verdi (Be2GreenHub), e un bando pubblico per consulenza esperta individuale e mentoring rivolto specificamente alle PMI. Il Centro gestisce inoltre un bando pubblico per l'inclusione di fornitori di soluzioni verdi nella banca dati SCKG, un catalogo nazionale che offre ad aziende e altri portatori d'interesse un facile accesso a tecnologie, prodotti e servizi circolari.
- **CIRCI baza e VCG.AI (Slovenia):** piattaforme digitali di matching che collegano fornitori e destinatari di materiali, direttamente paragonabili nello scopo alla Sezione Community prevista per la Piattaforma Digitale SYMBIOS.
- **Il Voucher ESG e lo Strumento di Autovalutazione Online dello Slovene Enterprise Fund (Slovenia):** sostegno finanziario e di autovalutazione per le PMI che preparano rapporti di sostenibilità e valutano il proprio orientamento alla sostenibilità.
- **Slovenian Bioeconomy Hub (Slovenia):** un'iniziativa nazionale che riunisce ambito accademico, ministeri, aziende e i settori agricolo, forestale e alimentare per trasformare i flussi di rifiuti e sottoprodotti in bio-componenti ad alto valore.
- **CL.A.N. – il Cluster Agroalimentare Nazionale italiano (Italia):** un'associazione multi-portatore d'interesse che riunisce aziende, associazioni di settore e territoriali, università, organizzazioni di ricerca e centri di formazione operanti nel settore agroalimentare. Nell'ambito delle attività CLAN, il partner di progetto Cisita Parma ha partecipato nel 2022 alla progettazione e realizzazione di un modello formativo sperimentale su "Bioeconomia Circolare nell'agroalimentare: scenari, frontiere e storie di successo", rivolto ad aziende e associazioni del Cluster, un precedente istituzionale diretto per il tipo di formazione specifica di settore che il MOOC SYMBIOS è progettato per erogare a scala UE.
- **ITS Tech & Food Foundation e bandi di upskilling finanziati da Fondimpresa (Italia):** Cisita Parma è membro fondatore della ITS Tech & Food Foundation (EQF 5), che gestisce corsi tecnici superiori biennali in Tecnologia Alimentare e Sviluppo Alimentare, e ha erogato diversi bandi di formazione per lavoratori finanziati da Fondimpresa direttamente rilevanti per le competenze circolari e verdi, tra cui "Nuove competenze per aziende carbon neutral" e "Clean Solutions & Green Training", a sostegno delle aziende locali che investono in efficienza energetica, produzione pulita e gestione dei rifiuti.
- **Simbylay (Spagna):** una piattaforma digitale indicata dai partecipanti al focus group spagnolo di SYMBIOS come strumento esistente di valore per mettere in collegamento

produttori di rifiuti con potenziali utilizzatori, consentire il contatto diretto tra aziende, fornire la localizzazione geografica e aumentare la consapevolezza delle opportunità intersettoriali.

- **La lunga tradizione formativa di IATA-CSIC in tecnologia alimentare (Spagna):** in qualità di istituto pioniere di Scienza Alimentare, IATA-CSIC ha organizzato e ospitato l'apprezzato Corso di Specializzazione in Tecnologia Alimentare, fondamentale per la formazione professionale di numerosi scienziati dell'alimentazione in Spagna per oltre 30 anni, e continua a integrare i ricercatori IATA nell'insegnamento universitario e post-universitario presso diverse università spagnole e internazionali.

Questi strumenti e istituzioni esistenti dimostrano uno schema coerente in tutti e tre i paesi: le forme di sostegno più apprezzate combinano:

- A. una base di conoscenza accessibile, un'infrastruttura di ricerca o uno strumento di autovalutazione,
- B. una funzione di matching o networking,
- C. una qualche forma di consulenza esperta su misura, mentoring o formazione applicata, in particolare per le PMI prive di competenze interne in materia di sostenibilità.

L'ecosistema sloveno è attualmente il più completo sulle dimensioni del matching e dell'autovalutazione, mentre gli esempi italiano e spagnolo sono più forti sulla formazione tecnica applicata e specifica di settore e sull'infrastruttura di ricerca, confermando che la Piattaforma Digitale SYMBIOS, combinando una Sezione Formativa con una Sezione Community/matching, è progettata per colmare il divario tra questi due filoni di sostegno attualmente separati.

Una Revisione Sistemica delle Offerte Formative Esistenti sulla Simbiosi Industriale

Oltre a questi programmi nazionali sloveni, il partner SYMBIOS UPT ha condotto una revisione più ampia e strutturata riguardante il periodo 2015–2026 per individuare le offerte formative esistenti a livello mondiale il cui obiettivo formativo primario è specificamente lo sviluppo di competenze in Simbiosi Industriale, escludendo deliberatamente i corsi che trattano la IS come uno solo tra i temi di un più ampio curriculum sull'economia circolare o sulla sostenibilità. Utilizzando un Quadro di Analisi delle Offerte Formative sulla Simbiosi Industriale (ISLOAF) appositamente sviluppato, che analizza ciascuna offerta lungo cinque dimensioni (Contesto Formativo, Progettazione del Curriculum, Approccio Pedagogico, Valutazione e Riconoscimento, e Approfondimenti Formativi), sono state individuate e documentate nove offerte formative idonee. Nessuna di queste nove offerte è specifica del settore agroalimentare, confermando che un percorso formativo dedicato all'agroalimentare all'interno del MOOC SYMBIOS colma un vuoto reale anziché duplicare l'offerta esistente.

Offerta formativa	Ente erogatore / contesto	Gruppo target	Erogazione / durata	Certificazione
Industrial Symbiosis Facilitator Training Program	Consorzio INSIGHT (Erasmus+)	Profili multipli	Blended, 150h	6 crediti ECVET
Industrial Symbiosis Joint Curriculum / Live Course	Consorzio INSET (Erasmus+)	Lavoratori occupati	Blended, 100h	Certificato professionale
Industrial Symbiosis Manager Curriculum e MOOC	Consorzio FReINDs (Erasmus+)	Lavoratori occupati	Online, 60h	Non riportato
Smart Industrial Symbiosis	Università di Stavanger (Istruzione Superiore)	Neolaureati	Ibrido, 5 ECTS	Crediti universitari
Industrial Symbiosis (TKMJ38)	Università di Linköping (Istruzione Superiore)	Neolaureati	In presenza, 6 ECTS	Crediti universitari
Industrial Symbiosis	TalTech (Istruzione Superiore)	Neolaureati	In presenza, 3 ECTS	Crediti universitari
SUS0310 – Industrial Symbiosis	Steel University (accademia di settore)	Lavoratori occupati	Online, ~3h	Certificato professionale
Symbiosis Training Program	Kalundborg Symbiosis / SACI	Lavoratori occupati	Blended, non riportato	Attestato di partecipazione
Industrial Symbiosis & Eco-Industrial Parks Development	Upskill Development	Lavoratori occupati	Online, 5 giorni	Certificato professionale

Tabella 6. Matrice delle evidenze delle offerte formative esistenti sulla Simbiosi Industriale con la IS come obiettivo formativo primario, 2015–2026 (revisione sistematica UPT, WP 2.6).

Risultati Comparativi

L'analisi comparativa di queste nove offerte rivela un panorama relativamente piccolo ma diversificato, che converge su diverse caratteristiche formative coerenti, direttamente rilevanti per la progettazione del MOOC SYMBIOS. Le offerte soddisfano quattro finalità formative principali (istruzione accademica, sviluppo di facilitatori, sviluppo di manager e formazione professionale continua) e si rivolgono agli stessi tre gruppi di discenti prioritari individuati nella Sezione 2.2:

neolaureati (tipicamente attraverso moduli di istruzione superiore da 3–6 ECTS), lavoratori occupati (tipicamente attraverso programmi blended finanziati da Erasmus+ o brevi corsi di accademia industriale), e professionisti che agiscono come facilitatori o manager. La progettazione del curriculum è prevalentemente modulare, costruita attorno a risultati di apprendimento esplicitamente definiti, con temi comuni che includono i principi della IS, l'individuazione di opportunità, la collaborazione con i portatori d'interesse, le strategie di attuazione e l'analisi di casi reali di IS. Dal punto di vista pedagogico, l'apprendimento basato su casi è la metodologia dominante in tutti i contesti, integrata da lavori di progetto e apprendimento collaborativo; valutazione e certificazione variano a seconda del contesto, dai crediti ECTS per i corsi universitari ai crediti ECVET e certificati professionali per i programmi Erasmus+ e industriali, con i progetti Erasmus+ che generalmente forniscono la documentazione pubblica più ricca sui risultati di apprendimento e sui materiali.

Metodologie di Apprendimento

Coerentemente con i fabbisogni individuati nei diversi gruppi target, il partenariato SYMBIOS raccomanda un approccio metodologico misto che combini:

- **Apprendimento sul lavoro:** moduli brevi e autosufficienti che i lavoratori occupati possano completare accanto al proprio lavoro, affrontando direttamente flussi e processi reali di sottoprodotti all'interno della propria azienda (ad esempio, la mappatura degli input e degli output della propria linea produttiva come esercizio pratico).
- **Apprendimento esperienziale e basato su casi:** uso delle buone pratiche documentate (Kalundborg, trebbie di birrificazione, siero di latte, sottoprodotti di frutta e verdura, simbiosi alimentare–pelle, e i casi studio nazionali individuati nella Sezione 1.5) come materiale didattico concreto, permettendo ai discenti di vedere come i principi astratti si traducano in realtà operativa.
- **Autovalutazione e quiz:** per consentire ai discenti di verificare la propria comprensione e i propri progressi al proprio ritmo, coerentemente con la progettazione asincrona e non formale della Piattaforma Digitale SYMBIOS.
- **Networking tra pari e apprendimento basato sulla comunità:** sostenuto attraverso la Sezione Community della Piattaforma, che consente ai discenti, in particolare manager e neolaureati, di mettersi in collegamento direttamente con aziende, associazioni di categoria e ricercatori attivi nel settore.
- **Mentoring e accompagnamento:** particolarmente importante per le PMI e per i discenti disoccupati o svantaggiati, seguendo il modello già attuato in Slovenia attraverso il bando pubblico dello SCKG per la consulenza esperta individuale.

Raccomandazioni per gli Enti di Istruzione e Formazione Professionale (VET)

I risultati esposti in questo capitolo si traducono in un insieme compatto di principi progettuali per gli enti VET responsabili della progettazione ed erogazione della formazione sulla simbiosi industriale nel settore agroalimentare.

- **Adottare un approccio orientato alle competenze, seguendo lo schema individuato nelle nove offerte formative esistenti sulla Simbiosi Industriale esaminate dall'UPT:** progettare curricula attorno a competenze chiaramente definite e profili professionali identificabili (ad esempio, Facilitatore, Manager, Operatore della Simbiosi Industriale) piuttosto che attorno alla sola conoscenza disciplinare.
- **Dare priorità ai contenuti formativi sugli ambiti con la competenza autovalutata più bassa individuati dal sondaggio del WP 2.3:** gestione dell'energia (ISO 50001), Valutazione del Ciclo di Vita, Dichiarazioni Ambientali di Prodotto, e mappatura dei flussi di materia/energia/acqua, poiché rappresentano il divario di competenze più chiaro e coerente nei tre paesi partner.
- **Progettare unità di apprendimento sul lavoro brevi e modulari anziché corsi di lunga durata:** per rispondere ai vincoli di tempo ripetutamente citati dai lavoratori occupati e dalle PMI come principale barriera alla partecipazione alla formazione.
- **Integrare l'alfabetizzazione normativa, in particolare la distinzione pratica tra lo status di rifiuto e quello di sottoprodotto:** e i quadri normativi sui sottoprodotti di origine animale e sulla sicurezza alimentare, come tema trasversale lungo l'intero curriculum, poiché l'incertezza normativa è stata individuata come la singola barriera più significativa alla simbiosi industriale in tutte le fonti di dati del WP 2.
- **Abbinare ogni percorso formativo a una funzione di matching/networking:** (come nella Sezione Community di SYMBIOS), poiché la ricerca mostra costantemente che la mancanza di consapevolezza riguardo a potenziali partner e risorse disponibili, non la mancanza di conoscenza tecnica, è spesso il vincolo determinante per l'attuazione.
- **Differenziare esplicitamente i contenuti per gruppo target (Sezione 2.2):** anziché offrire un unico corso generico, garantendo che i neolaureati ricevano contenuti fondamentali e di orientamento professionale, i lavoratori occupati ricevano moduli mirati di upskilling, i manager ricevano contenuti strategici e di leadership, e i discenti disoccupati/svantaggiati ricevano un punto di ingresso autenticamente accessibile e senza prerequisiti.

Raccomandazioni per i Decisori Politici

I decisori politici definiscono le condizioni di finanziamento, riconoscimento e regolamentazione entro cui operano gli enti VET; le due raccomandazioni di seguito sono rivolte alle autorità nazionali

e regionali, e alla Commissione Europea e alle sue agenzie, e sono integrate da due ulteriori raccomandazioni relative a cluster e offerta formativa, sintetizzate dalle evidenze di questo modello.

- **Sostenere infrastrutture basate su cluster e a livello territoriale:** strumenti di finanziamento specifici, come ad esempio i bandi di upskilling finanziati da Fondimpresa o buone pratiche di rete come il cluster italiano C.L.A.N. o il partenariato sloveno SRIP HRANA (Sezione 2.3) che contribuiscono a ridurre il rischio della cooperazione per le PMI che non possono singolarmente giustificare l'investimento in infrastrutture condivise di formazione o matching.
- **Ampliare l'offerta formativa specializzata:** la revisione sistematica dell'UPT ha rilevato che nessuna delle nove offerte formative esistenti sulla Simbiosi Industriale individuate a livello mondiale è specifica del settore agroalimentare (Sezione 2.3), rappresentando un'opportunità evidente per un'espansione dell'offerta specifica di settore guidata dalle politiche.
- **Riconoscere i risultati di apprendimento rispetto ai quadri di riferimento europei:** in linea con i quadri nazionali delle qualifiche riferiti all'EQF, la classificazione ESCO di competenze, abilità e occupazioni (comprese le professioni verdi come Responsabile della Gestione dei Rifiuti, Ingegnere Ambientale, Tecnico Ambientale, e aree di conoscenza verde come le Tecnologie di Protezione Ambientale), e il GreenComp, il Quadro Europeo delle Competenze per la Sostenibilità, affinché gli attestati di partecipazione o completamento rilasciati attraverso corsi specifici sulla IS abbiano un valore riconosciuto.
- **Fornire finanziamenti e supporto amministrativo per lo sviluppo dei progetti:** poiché una richiesta ricorrente da parte dei portatori d'interesse del settore, condivisa sia dalle aziende sia dai partecipanti ai focus group, è un accesso più agevole a fasi pilota finanziate per le start-up simbiotiche e a indicazioni più chiare sulle domande di progetto e sulle procedure amministrative.

Nel loro insieme, questi dieci principi delineano un'offerta formativa modulare anziché monolitica, orientata alla pratica anziché puramente disciplinare, ed esplicitamente collegata a una funzione di matching anziché erogata in isolamento, precisamente il modello che le Sezioni Formativa e Community della Piattaforma Digitale SYMBIOS sono progettate per incarnare.

Conclusioni

Sintesi dei Risultati Principali

I risultati combinati del sondaggio del WP 2.3, delle interviste aziendali e delle interviste con esperti accademici forniscono un quadro completo dello stato attuale della pratica dell'economia circolare e della simbiosi industriale nel settore agroalimentare europeo, con evidenze raccolte in Spagna, Italia e Slovenia. Le aziende sono sempre più consapevoli dei principi di sostenibilità ed economia circolare e hanno compiuto progressi misurabili nell'attuazione di pratiche circolari interne, in particolare nella gestione dei rifiuti, nella conformità ambientale, nell'ottimizzazione degli imballaggi, nell'efficienza idrica, nel recupero energetico e nella valorizzazione dei sottoprodotti: l'adozione diffusa di pratiche interne di riutilizzo e la conformità a standard come l'ISO 14001 dimostrano un autentico spostamento verso sistemi produttivi più efficienti nell'uso delle risorse.

Nonostante questi progressi, l'attuazione della simbiosi industriale oltre i confini aziendali resta limitata. Le collaborazioni stabili e di lungo periodo per lo scambio di sottoprodotti e la condivisione intersettoriale delle risorse restano relativamente poco comuni, a riflesso di persistenti barriere strutturali, normative ed economiche. La complessità normativa, l'onere amministrativo, l'incertezza riguardo alla classificazione dei rifiuti, i requisiti di sicurezza alimentare e tracciabilità, e la deperibilità intrinseca dei sottoprodotti alimentari limitano tutti lo sviluppo di reti di simbiosi industriale più ampie. Le quantità relativamente ridotte di sottoprodotti generate da molte aziende, in particolare le PMI, limitano spesso la fattibilità economica della raccolta, del trasporto, dello stoccaggio, dei test e della certificazione senza un sostegno finanziario esterno.

La ricerca individua inoltre sfide organizzative e legate alle conoscenze significative. I risultati del sondaggio rivelano importanti divari di competenze tecniche, normative e digitali, in particolare nella gestione dell'energia (ISO 50001), nella Valutazione del Ciclo di Vita, nelle Dichiarazioni Ambientali di Prodotto e nelle metodologie avanzate dell'economia circolare. Il limitato investimento nella formazione dei dipendenti limita ulteriormente la capacità delle aziende di adottare modelli di business circolari e pratiche di simbiosi industriale più sofisticati. Le interviste agli esperti rafforzano questi risultati sottolineando la necessità di competenze tecniche specialistiche, strumenti digitali per la mappatura dei flussi secondari e il matchmaking, e un trasferimento di conoscenze più solido tra ambito accademico e industria.

Allo stesso tempo, lo studio evidenzia numerose opportunità per accelerare la simbiosi industriale all'interno del settore alimentare. Aziende ed esperti hanno costantemente individuato partnership intersettoriali più forti, piattaforme digitali di collaborazione, banche dati accessibili per lo scambio di sottoprodotti, quadri normativi più chiari e armonizzati, e un migliore sostegno politico come fattori abilitanti chiave. L'innovazione tecnologica, comprese le biotecnologie, le bioraffinerie, le

tecnologie avanzate di estrazione e i sistemi di recupero delle risorse, è stata riconosciuta come portatrice di un significativo potenziale per trasformare i residui del settore alimentare in prodotti ad alto valore, migliorando al contempo l'efficienza delle risorse e riducendo l'impatto ambientale. I crescenti impegni ESG, i requisiti di certificazione della sostenibilità e l'evoluzione della politica europea sull'economia circolare dovrebbero inoltre incoraggiare ulteriormente l'investimento in soluzioni circolari.

Sebbene ciascun paese partecipante dimostri punti di forza e priorità diverse, la Spagna enfatizza l'attuazione pratica, i cluster industriali e la collaborazione orientata al mercato; la Slovenia si concentra sull'innovazione tecnologica e sul recupero di risorse ad alto valore; e l'Italia mette in evidenza la ricerca applicata, i progetti pilota e gli ecosistemi regionali dell'innovazione (in particolare il Cluster Agroalimentare dell'Emilia-Romagna); emerge tuttavia una visione comune: una simbiosi industriale efficace richiede l'integrazione di innovazione tecnologica, modelli di business pratici, governance di sostegno e reti collaborative.

Opportunità Future per il Settore

Le barriere descritte sopra sono reali, ma per la maggior parte non sono di natura tecnologica. Quasi ogni opportunità individuata attraverso la ricerca del WP 2.3 rappresenta il caso di una soluzione che già esiste in qualche punto del settore, sperimentata in un paese, in un'azienda o in una catena di fornitura, in attesa di essere collegata, finanziata o semplicemente resa visibile alle aziende che potrebbero utilizzarla. Le cinque opportunità di seguito sono pertanto deliberatamente inquadrare come possibilità concrete e a breve termine, piuttosto che come aspirazioni di lungo periodo.

- Scalare dalle buone pratiche isolate al comportamento sistemico: la maggior parte degli scambi simbiotici documentati oggi nel settore agroalimentare resta legata a singoli progetti e dipendente dall'iniziativa individuale, piuttosto che essere integrata in una strategia aziendale di lungo periodo. L'opportunità più chiara è convertirli in pratica operativa standard, sostenuta da partnership stabili e contratti di lungo periodo.
- Sbloccare i flussi ad alto valore sottoutilizzati: siero di latte, trebbie di birrificazione e sottoprodotti animali sono già ben valorizzati in diversi paesi, ma flussi come piume/cheratina, composti bioattivi della sansa di frutta e verdura, e residui di macellazione attualmente esportati all'estero anziché valorizzati sul territorio nazionale (come riportato in Slovenia) rappresentano una significativa opportunità nazionale ancora inespressa.
- Estendere la simbiosi idrica ed energetica: gli schemi di acqua rigenerata ai sensi del Regolamento (UE) 2020/741 e i percorsi di cattura/riutilizzo della CO₂ già sperimentati nel settore della birrificazione offrono un notevole potenziale di replicazione, in particolare nelle regioni con scarsità idrica.

- Digitalizzare il matching e il monitoraggio: l'attuale bassa adozione del monitoraggio digitale (7% delle aziende intervistate) e degli strumenti di matching rappresenta la singola opportunità più rilevante per un miglioramento a breve termine, che sarà affrontata direttamente dalla Sezione Community della Piattaforma Digitale SYMBIOS.
- Rafforzare il corridoio di simbiosi agroalimentare–pelle: in quanto i due settori target del progetto SYMBIOS, agroalimentare e pelle condividono già una delle relazioni simbiotiche più antiche nell'industria (pelli e cuoi); una formazione e un matching intersettoriale espliciti tra le due comunità formative settoriali di SYMBIOS rappresentano un passo successivo naturale.

Ciò che accomuna queste cinque opportunità è che nessuna di esse dipende da una svolta tecnologica ancora da venire: le conoscenze abilitanti, la base normativa e, nella maggior parte dei casi, un esempio funzionante esistono già in qualche punto delle evidenze raccolte per questo modello. Il compito che resta da svolgere è di connessione, replicazione e scala, precisamente il vuoto che le raccomandazioni operative di seguito sono progettate per contribuire a colmare.

Raccomandazioni Operative

Questo modello è scritto per essere utilizzato, non solo letto. Le raccomandazioni di seguito sono rivolte direttamente a te, chiunque tu sia mentre raggiungi questa pagina, un rappresentante aziendale che esamina per la prima volta i propri flussi di sottoprodotti, uno studente o una persona in cerca di occupazione che valuta una carriera nell'economia circolare, un formatore o un ente VET che progetta un corso, un funzionario di un'associazione o di un cluster, oppure un decisore politico, piuttosto che al solo partenariato SYMBIOS. Ciascuna raccomandazione rappresenta un punto di partenza pratico, fondato sulle evidenze di questo modello, per trasformare la comprensione della simbiosi industriale in azione; la Piattaforma Digitale SYMBIOS sarà progettata per essere la prima risorsa concreta per compiere uno qualsiasi dei passi indicati di seguito.

- Se lavori in un'azienda agroalimentare: inizia con un esercizio interno di mappatura dei flussi di materia/energia/acqua per individuare i flussi attualmente sottovalorizzati, utilizzando gli ambiti di autovalutazione del WP 2.3 nella Tabella 4 come lista di controllo; dai priorità alla trasformazione degli scambi informali e occasionali in partenariati stabili e contratti di lungo periodo.
- Se rappresenti un'associazione di categoria, un cluster industriale o una rete settoriale: sei nella posizione ideale per svolgere il ruolo di intermediario di fiducia che questa ricerca mostra essere spesso mancante, mettendo in collegamento aziende, in particolare PMI, che non dispongono della capacità interna per cercare partner simbiotici di propria iniziativa.

- Se formi, insegni o progetti programmi educativi: adotta l'approccio differenziato e specifico per gruppo target descritto nel Capitolo 2, erogato attraverso unità modulari brevi, e cerca il riconoscimento rispetto ai quadri di riferimento EQF, ESCO e GreenComp, affinché ciò che i discenti acquisiscono sia portabile e credibile.
- Se definisci politiche o normative: dai priorità al miglioramento della chiarezza normativa e alla coerenza di interpretazione riguardo alla classificazione sottoprodotto/rifiuto, poiché questa è stata individuata come la singola barriera più significativa in tutte le fonti di dati. Cerca modi per ridurre il rischio della fase iniziale e pilota di nuove iniziative simbiotiche attraverso strumenti di finanziamento mirati.
- Se sei uno studente, un neolaureato o una persona in cerca di occupazione curiosa di questo settore: non hai bisogno di un background tecnico per iniziare. Il MOOC SYMBIOS (Work Package 3.1) sarà progettato come un punto di ingresso gratuito e autogestito, senza prerequisiti; usalo per costruire le conoscenze e le competenze fondamentali mappate nella Sezione 2.2, e usa la Sezione Community per metterti in contatto con le aziende e le organizzazioni citate in tutto questo modello.

Nessuno di questi passi richiede di attendere condizioni ideali o un quadro normativo completo. Le evidenze raccolte per questo modello mostrano, ripetutamente, che il vincolo vincolante sulla simbiosi industriale nel settore agroalimentare è più spesso una mancanza di consapevolezza, mappatura o connessione, piuttosto che una mancanza di tecnologia o volontà, il che significa che leggere questo documento e compiere uno dei passi sopra indicati è, in senso molto concreto, già un contributo a colmare tale divario.

Riferimenti Bibliografici

- Albino, V., Fraccascia, L., & Giannoccaro, I. (2015). Exploring the role of contracts to support the emergence of self-organized industrial symbiosis networks: An agent-based simulation study. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4353–4366.
- Aliyu, S., & Bala, M. (2011). Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications. *African Journal of Biotechnology*, 10(3), 324–331.
- Awasthi, M. K., Sarsaiya, S., Wainaina, S., Rajendran, K., Kumar, S., Quan, W., et al. (2019). A critical review of organic manure biorefinery models toward sustainable circular bioeconomy: Technological challenges, advancements, innovations, and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 111, 115–131.
- Buljan, J., & Kral, I. (2015). Introduction to treatment of tannery effluents. Vienna: United Nations Industrial Development Organization (UNIDO).
- Carlsberg Group. (2023). Together Towards ZERO and Beyond Sustainability Programme.
- Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25, 313–337.
- Chertow, M. R. (2007). Uncovering industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), 11–30.
- Costa, I., & Ferrão, P. (2010). A case study of industrial symbiosis development using a middle-out approach. *Journal of Cleaner Production*, 18(10–11), 984–992.
- Cristóbal, J., Matos, C. T., Aurambout, J. P., Manfredi, S., & Kavalov, B. (2018). Environmental sustainability assessment of bioeconomy value chains. *Biomass and Bioenergy*, 89, 159–171.
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition.
- European Brewery Convention (EBC). (2021). Sustainability and circularity in brewing.
- European Commission. (2019). The European Green Deal. COM(2019) 640 final.
- European Commission. (2020). A new circular economy action plan: For a cleaner and more competitive Europe. COM(2020) 98 final. Brussels: European Commission.
- European Parliament and Council. (2008). Directive 2008/98/EC on waste (Waste Framework Directive). *Official Journal of the European Union*, L 312, 3–30.
- European Parliament and Council. (2009). Regulation (EC) No 1069/2009 laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption. *Official Journal of the European Union*, L 300.

- European Parliament and Council. (2018). Directive (EU) 2018/851 amending Directive 2008/98/EC on waste. Official Journal of the European Union.
- European Parliament and Council. (2019). Regulation (EU) 2019/1009 laying down rules on the making available on the market of EU fertilising products. Official Journal of the European Union, L 170.
- European Parliament and Council. (2020). Regulation (EU) 2020/741 on minimum requirements for water reuse. Official Journal of the European Union, L 177.
- European Parliament and Council. (2022). Directive (EU) 2022/2464 as regards corporate sustainability reporting (CSRD). Official Journal of the European Union.
- European Parliament and Council. (2025). Regulation (EU) 2025/40 on packaging and packaging waste. Official Journal of the European Union.
- Galanakis, C. M. (2012). Recovery of high added-value components from food wastes. *Food and Bioproducts Processing*, 90(4), 689–694.
- Gómez-Guillén, M. C., Giménez, B., López-Caballero, M. E., & Montero, M. P. (2011). Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocolloids*, 25(8), 1813–1827.
- Ikram, S., Huang, L. Y., Zhang, H., Wang, J., & Yin, M. (2017). Composition and nutrient value proposition of brewer's spent grain. *Journal of Food Science*, 82(10), 2232–2242.
- Jacobsen, N. B. (2006). Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: A quantitative assessment of economic and environmental aspects. *Journal of Industrial Ecology*, 10(1–2), 239–255.
- Kanagaraj, J., Senthilvelan, T., Panda, R. C., & Kavitha, S. (2015). Eco-friendly waste management strategies for greener environment towards sustainable development in leather industry: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 89, 1–17.
- Lasekan, A., Bakar, F. A., & Hashim, D. (2013). Potential of chicken by-products as sources of useful biological resources. *Waste Management*, 33(3), 552–565.
- Laybourn, P., & Lombardi, D. R. (2012). *Industrial symbiosis in action: The National Industrial Symbiosis Programme (NISP)*. London: International Synergies Ltd.
- Lombardi, D. R., & Laybourn, P. (2012). Redefining industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 28–37.
- Lynch, K. M., Steffen, E. J., & Arendt, E. K. (2016). Brewers' spent grain: A review with an emphasis on food and health. *Journal of the Institute of Brewing*, 122(4), 553–568.
- Mirabella, N., Castellani, V., & Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: A review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 28–41.

- Mussatto, S. I., Dragone, G., & Roberto, I. C. (2006). Brewers' spent grain: Generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*, 43(1), 1–14.
- Neves, A., Godina, R., Azevedo, S. G., Pimentel, C., & Matias, J. C. O. (2020). The potential of industrial symbiosis: Case analysis and main drivers and barriers. *Sustainability*, 12(14), 5371.
- Pajares, S., de los Ríos, A., & Fernández, F. J. (2023). Industrial symbiosis and circular economy in the agri-food sector. *Resources, Conservation and Recycling*, 190, 106834.
- Prazeres, A. R., Carvalho, F., & Rivas, J. (2012). Cheese whey management: A review. *Journal of Environmental Management*, 110, 48–68.
- Ramos-Suárez, J. L., Ritter, A., Mata-González, J., & Camacho-Pérez, A. (2018). Biogas from animal manure: A sustainable energy opportunity in the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 185, 137–149.
- Russ, W., Mörtel, H., & Meyer-Pittroff, R. (2005). Application of spent grains to increase porosity in bricks. *Construction and Building Materials*, 19(2), 117–126.
- Smithers, G. W. (2008). Whey and whey proteins — From 'gutter-to-gold'. *International Dairy Journal*, 18(7), 695–704.
- Steffen, W., et al. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223).
- Steiner, J., Procopio, S., & Becker, T. (2015). Brewer's spent grain: Source of value-added polysaccharides for the food industry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(43), 10305–10314.
- Sundar, V. J., Muralidharan, C., & Mandal, A. B. (2011). Recovery and utilization of proteinous wastes of leather making: A review. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 10(2), 151–163.
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). (2017). The framework for sustainable leather manufacture. Vienna: UNIDO.
- Van Capelleveen, G., Amrit, C., & Yazan, D. M. (2018). A literature survey of information systems facilitating the identification of industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, 178, 903–921.
- World Economic Forum. (2019). Innovation with a purpose: The role of technology innovation in accelerating food systems transformation.
- Fonti interne al progetto (SYMBIOS WP2, 2025–2026).

Allegati

Allegato A – Glossario

Termine	Definizione
Simbiosi industriale (IS)	Un approccio collaborativo in cui industrie tradizionalmente separate scambiano materiali, energia, acqua, servizi e informazioni per migliorare l'efficienza delle risorse e ridurre l'impatto ambientale (Chertow, 2000).
Economia circolare	Un modello economico in cui il valore di prodotti, materiali e risorse viene mantenuto nell'economia il più a lungo possibile, minimizzando la generazione di rifiuti.
Sottoprodotto	Un materiale secondario generato durante un processo produttivo che presenta un ulteriore utilizzo certo e lecito senza richiedere una lavorazione aggiuntiva significativa (Direttiva Quadro sui Rifiuti, Art. 5).
Rifiuto	Un materiale che il detentore si disfa, ha l'intenzione di disfarsi, o è obbligato a disfarsi in base ai quadri normativi vigenti.
Cessazione della qualifica di rifiuto	Il punto in cui determinati rifiuti cessano di essere considerati tali dopo essere stati sottoposti a riciclo o a un'altra operazione di recupero, subordinatamente a condizioni specifiche (Direttiva Quadro sui Rifiuti, Art. 6).
Uso a cascata	L'uso sequenziale di una risorsa attraverso applicazioni successive, dal valore più alto al più basso, prima dello smaltimento finale o del recupero energetico.
Valorizzazione	Il processo di conversione di un rifiuto o sottoprodotto in un materiale o prodotto di valore economico.
Valutazione del Ciclo di Vita (LCA)	Una metodologia per valutare gli impatti ambientali associati a tutte le fasi del ciclo di vita di un prodotto, dall'estrazione della materia prima allo smaltimento.
Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD)	Un documento standardizzato e verificato che comunica informazioni trasparenti e comparabili sull'impatto ambientale del ciclo di vita di un prodotto.
Analisi dei Flussi di Materia (MFA)	Una valutazione sistematica dei flussi e delle giacenze di materiali all'interno di un sistema definito nello spazio e nel tempo.

Termine	Definizione
Cluster industriale	Una concentrazione geografica di aziende, fornitori e istituzioni associate interconnesse in un determinato ambito, che facilita la cooperazione e la condivisione delle risorse.
ESG / CSRD	Criteri di rendicontazione Ambientale, Sociale e di Governance; la CSRD (Direttiva (UE) 2022/2464) è la direttiva UE che rende obbligatoria la rendicontazione di sostenibilità delle imprese.
ESCO	La classificazione europea di Competenze, Abilità, Qualifiche e Occupazioni, una classificazione multilingue utilizzata in tutta l'UE per descrivere competenze, abilità, qualifiche e occupazioni.
GreenComp	Il Quadro Europeo delle Competenze per la Sostenibilità (Commissione Europea, gennaio 2022), che descrive le competenze chiave necessarie per agire in modo ambientalmente sostenibile.
EQF	Il Quadro Europeo delle Qualifiche, un quadro di riferimento comune che collega i sistemi nazionali delle qualifiche in tutta Europa.

Allegato B – Panoramica degli Strumenti di Raccolta Dati (Sondaggi e Interviste)

B.1 Focus group (WP 2.1)

Slovenia: sei partecipanti (consulente SRIP HRANA; esperto di sostenibilità/benessere animale, Ljubljanske Mlekarne; ricercatore EMONA RCP/presidente del consiglio SRIP HRANA; professore di biotecnologia e fondatore di MycoMedica; Direttore, Dipartimento Ambiente/Clima/Energia, Camera di Commercio e Industria della Slovenia; esperto di rendicontazione di sostenibilità, Mlekarna Celeia), online tramite Microsoft Teams, 12 dicembre 2025, 75 minuti, guidato dalla CCIS-Camera delle Imprese Agricole e Alimentari.

Spagna: dodici partecipanti provenienti da industria (8) e ambito accademico (4), facilitati da IATA-CSIC, tenutisi il 17 e il 24 novembre 2025 alle ore 12:00, riguardanti la comprensione attuale della simbiosi industriale, esempi di valorizzazione dei rifiuti, barriere all'attuazione, il ruolo della geografia e delle piattaforme digitali, e le condizioni per il successo.

B.2 Struttura del sondaggio (WP 2.3)

Somministrato a 30 aziende (10 ciascuna in Spagna, Italia e Slovenia) tramite Google Forms, tradotto nelle lingue dei partner e strutturato in cinque sezioni:

- Profilo aziendale (dimensione, ruolo del rispondente, sottosettore alimentare, mercati serviti, certificazioni/standard).
- Processo produttivo (tipo di processo, tipologie di sottoprodotti generati, pratiche di riutilizzo interno).
- Gestione dei rifiuti e pratiche circolari (destinazione dei sottoprodotti, stabilità dei partenariati, grado di sofisticazione del monitoraggio).
- Barriere e vincoli normativi (aree normative interessate, tipo di barriera, impatto sulla SSL).
- Competenze e fabbisogni formativi (investimento in formazione, divari di competenze, competenza autovalutata in 13 ambiti).

B.3 Protocolli delle interviste (WP 2.3)

Studio I (professionisti dell'industria alimentare): sei interviste semi-strutturate (Slovenia: 3; Italia: 2; Spagna: 1), della durata di 45–60 minuti ciascuna, condotte tra gennaio e maggio 2026, riguardanti: le caratteristiche produttive dell'azienda; i vincoli specifici del settore alimentare al riutilizzo dei sottoprodotti (deperibilità, rischio di contaminazione, durata di conservazione, norme igienico-sanitarie); i flussi critici di sottoprodotti/rifiuti e il processo decisionale strategico; le pratiche circolari interne; le pressioni esterne (ESG, catena di fornitura); le competenze mancanti; e le condizioni necessarie per un ulteriore sviluppo.

Studio II (esperti accademici): cinque interviste semi-strutturate (Spagna: 3; Slovenia: 1; Italia: 1), condotte tra gennaio e aprile 2026, riguardanti: definizioni e percezioni della simbiosi industriale; buone pratiche nella riduzione dei rifiuti/riutilizzo dei sottoprodotti; traiettorie di innovazione (biotecnologie, lavorazione circolare); esempi di collaborazione intersettoriale; studi su domanda/offerta relativi ai rifiuti della lavorazione alimentare; l'influenza delle certificazioni e delle politiche UE; sfide di adozione affrontate con successo; condizioni per un ulteriore sviluppo; logica/meccanismi fondamentali raccomandati per il modello SYMBIOS; e competenze manageriali richieste.

Allegato C – Quadro Dettagliato delle Competenze per Gruppo Target

Gruppo target	Conoscenze fondamentali	Competenze fondamentali	Punto di ingresso raccomandato
Neolaureati	Principi di economia circolare e IS; nozioni di base sulla normativa UE; LCA introduttiva	MFA di base; alfabetizzazione digitale sui dati di sostenibilità; stesura di rapporti, Project Management e competenze economiche-finanziarie.	MOOC SYMBIOS generale + unità specifiche di settore; tirocini presso aziende/associazioni agroalimentari
Lavoratori occupati (IFP continua)	Flussi di sottoprodotti specifici di settore; nozioni di base ISO 14001/50001; HACCP e tracciabilità	Strumenti di monitoraggio digitale; adattamento dei processi; negoziazione di base con i fornitori	Unità di apprendimento sul lavoro brevi e modulari; mentoring in azienda
Manager / decisori	Modelli di business circolari; valutazione tecnico-economica; quadri CSRD/ESG; strategia normativa	Negoziazione; costruzione di partnership; leadership strategica; pensiero sistemico	Moduli strategici + networking nella Sezione Community; coinvolgimento in cluster settoriali
Disoccupati / gruppi svantaggiati	Alfabetizzazione di base sull'economia circolare; panoramica del mercato del lavoro verde	Navigazione della piattaforma digitale; competenze di ingresso su rifiuti/controllo qualità	Unità MOOC ad accesso aperto, senza prerequisiti; collegamenti con i servizi pubblici per l'impiego

Allegato D – Mappatura delle Competenze rispetto ai Quadri di Riferimento Europei (EQF, ESCO, GreenComp)

Come richiesto dalla Convenzione di Sovvenzione SYMBIOS, i nove ambiti di competenza individuati nella Sezione 2.1 sono mappati di seguito rispetto a tre quadri di riferimento europei: il Quadro Europeo delle Qualifiche (EQF), la classificazione ESCO di competenze, abilità, qualifiche e occupazioni, con esplicito riferimento alle professioni verdi e all'area di conoscenza verde indicate nella Convenzione di Sovvenzione (Responsabile della Gestione dei Rifiuti, Ingegnere Ambientale, Esperto Ambientale, Tecnico Ambientale, Tecnologie di Protezione Ambientale), e il GreenComp, il Quadro Europeo delle Competenze per la Sostenibilità (Commissione Europea, gennaio 2022), le cui quattro aree di competenza (Incarnare i valori della sostenibilità; Abbracciare la complessità nella sostenibilità; Immaginare futuri sostenibili; Agire per la sostenibilità) forniscono la logica strutturante per la colonna di destra. Questa mappatura ha lo scopo di dare ai risultati di apprendimento del MOOC SYMBIOS, e a qualsiasi attestato di partecipazione o completamento rilasciato attraverso la Piattaforma SYMBIOS, un ancoraggio trasparente e riconosciuto nei quadri europei esistenti, piuttosto che un elenco di competenze autoreferenziale.

Ambito di competenza (Sezione 2.1)	Livello EQF indicativo	Professione/area di conoscenza ESCO riferimento più vicina	Area di competenza GreenComp
Gestione dei Rifiuti e dei Sottoprodotti	4–5	Tecnico Ambientale; Responsabile della Gestione dei Rifiuti	Agire per la sostenibilità
Mappatura e Caratterizzazione dei Flussi Secondari	4–5	Tecnico Ambientale	Abbracciare la complessità nella sostenibilità
Efficienza delle Risorse e Analisi dei Flussi di Materia/Energia	5–6	Ingegnere Ambientale; Esperto Ambientale	Abbracciare la complessità nella sostenibilità
Biotecnologie e Percorsi di Valorizzazione Avanzati	6–7	Esperto Ambientale; ruoli di ricerca specialistica legati alle Tecnologie di Protezione Ambientale	Immaginare futuri sostenibili
Negoziazione Commerciale e Sviluppo del Business Case	6–7	Esperto Ambientale (funzione di consulenza)	Agire per la sostenibilità

Ambito di competenza (Sezione 2.1)	Livello EQF indicativo	Professione/area conoscenza ESCO riferimento più vicina	di di	Area di competenza GreenComp
Networking e Costruzione di Partnership	5–7	Trasversale; non legata a una singola professione ESCO		Agire per la sostenibilità
Gestione dei Progetti	6–7	Trasversale; rilevante in tutte e quattro le professioni verdi indicate		Agire per la sostenibilità
Problem-Solving e Pensiero Sistemico	5–7	Competenza fondamentale trasversale		Abbracciare la complessità nella sostenibilità
Competenze Digitali (Piattaforme, Analisi dei Dati e Rendicontazione ESG)	4–6	Tecnico Ambientale; Tecnologie di Protezione Ambientale		Agire per la sostenibilità

Tabella 7. Mappatura degli ambiti di competenza agroalimentare del WP 2.6 rispetto a EQF, ESCO e GreenComp, come richiesto dalla Convenzione di Sovvenzione SYMBIOS (indicatori di qualità del WP 2.6).

Da leggere insieme alla Tabella 4 (livelli di competenza autovalutati) e all'Allegato C (quadro delle competenze per gruppo target), questa mappatura mostra che gli ambiti in cui la competenza aziendale autovalutata è più bassa, efficienza delle risorse/analisi dei flussi, valorizzazione affine alle biotecnologie e competenze digitali, si concentrano principalmente attorno ai livelli EQF 5–7 e attorno alle aree GreenComp "Abbracciare la complessità nella sostenibilità" e "Agire per la sostenibilità", rafforzando la priorità attribuita a questi ambiti nelle raccomandazioni della Sezione 2.3.

Fine del documento.