Materiali emergenti per il packaging e prodotti mono-uso

le piccole pagine

ISBN 978-88-99171-71-1
Finito di stampare presso Tipitalia srl - Piacenza nel mese di settembre 2025

SEGUICI
comieco.org

Progetto scientifico a cura di

comieco dal 1985

POLITECNICO MILANO 1863

Gruppo di lavoro
Per Comieco:
Lorenzo Bono
Barbara Bonori
Federica Brumen
Eugenio Di Pasquale

Per il Politecnico di Milano:
Barbara Del Curto
Andrea Marinelli
Marco Arioli

Progetto grafico e impaginazione
Bebung

Loc. Torre Rossi, 88
29010 Calendasco (PC)
www.lepiccolepagine.it
info@lepiccolepagine.it
tel. 347/8935550

Materiali emergenti per il packaging e prodotti mono-uso

Andrea Marinelli
Marco Arioli
Barbara Del Curto

Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta", Politecnico di Milano

POLITECNICO MILANO 1863

comieco dal 1985

1

Aggiornamenti nel contesto e nel panorama normativo-regolatorio

2

Analisi di mercato

Indice

3

Innovazione e catalizzatori di processi innovativi

Premessa

Alla luce dei risultati emersi dall'attività di ricerca sull'analisi e la mappatura dei materiali emergenti per il packaging e i prodotti monouso avviata nel 2021, e vista l'innovazione continua che caratterizza questo particolare mercato, è stata condivisa con diversi soggetti che operano nella nostra filiera l'esigenza di approfondire nuovamente il tema degli imballaggi cellulosici con proprietà barriera.

L'iniziativa nasce dalla necessità di comprendere e monitorare l'evoluzione di un settore in rapido cambiamento, spinto da una crescente pressione normativa a livello europeo che a gennaio 2025 ha visto la pubblicazione del Packaging and Packaging Waste Regulation (Reg. EU 2025/40) e da un contesto di mercato sempre più orientato alla sostenibilità e alla tracciabilità dei materiali utilizzati.

In questo scenario, l'innovazione rappresenta un elemento chiave per la competitività delle aziende del settore cartario e per la transizione verso modelli produttivi più sostenibili. Le imprese che investono in ricerca e sviluppo di nuovi materiali a prevalenza cellulosica con trattamenti funzionalizzanti, capaci di conferire proprietà barriera pur mantenendo la riciclabilità, contribuiscono attivamente alla costruzione di un ecosistema industriale più resiliente e conforme agli obiettivi europei in materia di economia circolare. La capacità di anticipare gli sviluppi normativi e integrare competenze tecnico-scientifiche capaci di rendere gli imballaggi sempre più riciclabili e sostenibili rappresenta un vantaggio strategico per affrontare le sfide del mercato.

L'iniziativa si inserisce in un percorso di collaborazione consolidato tra Comieco e Politecnico di Milano e le imprese della filiera cartaria, già avviato con la pubblicazione del volume "Imballaggio cellulosico con proprietà barriera – Stato dell'arte e innovazione dei materiali".

Lorenzo Bono e Barbara Del Curto

Introduzione

Il presente rapporto nasce dalla collaborazione tra il Politecnico di Milano e Comieco, con l'obiettivo di fornire un aggiornamento all'analisi sulle innovazioni e le tendenze emergenti nel settore del packaging cellulosico e dei prodotti monouso a base di carta e cartone, pubblicata in primo luogo nel febbraio del 2023. In questo documento si esplorano le evoluzioni più recenti in termini di materiali, tecnologie, processi produttivi e normative di riferimento, con particolare attenzione alla sostenibilità e all'economia circolare.

L'industria del packaging è oggi chiamata a rispondere a sfide sempre più complesse, tra cui la riduzione dell'impatto ambientale, l'ottimizzazione della riciclabilità e l'adattamento alle nuove direttive europee, come il Packaging and Packaging Waste Regulation (PPWR). In questo scenario, il rapporto fornisce strumenti di analisi e riflessione per aziende, operatori del settore e policy makers, supportando la transizione verso soluzioni più performanti in armonia con le tematiche di sostenibilità e circolarità.

Oltre all'approfondimento normativo, il documento esamina le innovazioni tecnologiche nel settore cartario, dalla ricerca su rivestimenti e trattamenti barriera alla macchinabilità e scalabilità dei processi produttivi. Vengono inoltre analizzate le implicazioni di mercato e le opportunità legate allo sviluppo di imballaggi e rivestimenti monomateriale, biobased e ad alte prestazioni barriera.

Questo rapporto rappresenta dunque un contributo essenziale per comprendere il panorama attuale del packaging cellulosico e anticiparne le evoluzioni future, mettendo a disposizione conoscenze strategiche per affrontare le sfide dell'innovazione e della sostenibilità.

1

Aggiornamenti nel contesto e nel panorama normativo-regolatorio

Negli ultimi anni, i materiali e le tecnologie per il packaging cellulosico si sono evoluti rapidamente, offrendo soluzioni sempre più performanti, sostenibili e conformi alle normative emergenti.

L'industria del packaging si trova oggi di fronte a nuove sfide legate alla transizione ecologica, con l'obiettivo di massimizzare il contenuto di fibre cellulosiche, ridurre la presenza di componenti non riciclabili e migliorare l'efficienza dell'intero ciclo di vita degli imballaggi.
Parallelamente, il contesto normativo sta subendo una trasformazione significativa, con nuove regolamentazioni volte a incentivare l'uso di materiali più sostenibili e a ottimizzare la gestione dei rifiuti.
In questo primo capitolo vengono analizzati i principali aggiornamenti normativi a livello nazionale e internazionale, con un focus specifico sul PPWR (*Packaging and Packaging Waste*, 2024), il nuovo regolamento europeo

che ridefinisce i criteri di progettazione, produzione e smaltimento degli imballaggi. Particolare attenzione sarà dedicata all'impatto del PPWR sul settore cartario e su come le aziende possano adattarsi alle nuove direttive per garantire conformità normativa, competitività e innovazione sostenibile.

1.1 Panorama normativo: Europa

1.1.1 PPWR (REGOLAMENTO (EU) 2025/40)

Il Packaging and Packaging Waste Regulation (PPWR) *(Regulation (EU) 2025/40 of the European Parliament and of the Council of 19 December 2024 on Packaging and Packaging Waste, Amending Regulation (EU) 2019/1020 and Directive (EU) 2019/904, and Repealing Directive 94/62/EC, 2025)* rappresenta un punto di svolta nella normativa europea sulla gestione dei rifiuti di imballaggio. Introdotta con l'obiettivo di minimizzare l'impatto ambientale degli imballaggi, il Regolamento promuove un approccio sistemico alla gestione del ciclo di vita del prodotto, dalla progettazione al fine vita. In questo documento si è cercato di riassumere i principali concetti, declinandoli per gli imballaggi a prevalenza cellulosica. Per avere una visione più completa e dettagliata, si invita il lettore ad approfondire i testi originali, i quali sono stati adottati e approvati dalla Commissione Europea tramite la procedura del *corrigendum* a fine novembre 2024.

Radici

La concezione del PPWR trova le sue fondamenta in una serie di

direttive comunitarie a partire dagli anni '90, quando vengono introdotte le prime regolamentazioni sulla gestione dei rifiuti di imballaggio, ponendo le basi per un approccio coordinato a livello comunitario. Queste prime direttive definivano gli obiettivi generali, le responsabilità dei produttori e i principi della raccolta differenziata. Ricordiamo, a titolo di esempio, la Direttiva del Consiglio Europeo 75/442/CEE *(Directive 75/442/EEC, 1975)* e successive modifiche, sostituita dalla Direttiva 2006/12/CE *(Directive 2006/12/EC, 2006)* e, a sua volta, dalla Direttiva 2008/98/CE *(Directive 2008/98/EC, 2008)*. Si cita, inoltre, la Direttiva 94/62/CE *(Directive 94/62/EC, 1994)*, che introdusse obiettivi di riciclaggio più ambiziosi per diversi tipi di imballaggi rafforzando il principio della responsabilità estesa dei produttori (EPR).

A partire dal 2015, l'Unione Europea ha definito un piano di azione per l'economia circolare *(Circular Economy Action Plan, 2015)*. La strategia ambisce alla transizione mediante, tra le altre, la riduzione della produzione di rifiuti e l'aumento del riutilizzo e riciclaggio dei materiali. Più recentemente, nel 2018 viene adottata la nuova Direttiva (UE) 2018/852 *(Directive (EU) 2018/852, 2018)* del Parlamento europeo e del Consiglio, che introduce obiettivi di riciclaggio ancora più ambiziosi, estendendo l'ambito di applicazione a nuovi tipi di imballaggi e rafforzando le misure per prevenire la produzione di rifiuti. Il Regolamento (EU) 2025/40 viene così inserito in questo contesto più ampio e riceve una nuova spinta.

Obiettivi del PPWR

Il processo di definizione, discussione e approvazione del PPWR è iniziato a fine 2022. Il testo approvato è pubblicato in Gazzetta Ufficiale come Regolamento (UE) 2025/40 e risulta pertanto disponibile online. Esso rappresenta il risultato di ampie discussioni, a partire dal perimetro di applicazione del regolamento, arrivando agli obiettivi definiti all'interno di esso. Il PPWR modifica il Regolamento (UE) 2019/1020 *(Regulation (EU) 2019/1020 of the European Parliament and of the Council*

of 20 June 2019 on Market Surveillance and Compliance of Products and Amending Directive 2004/42/EC and Regulations (EC) No 765/2008 and (EU) No 305/2011 (Text with EEA Relevance.), 2019) e la Direttiva (UE) 2019/904 *(Directive (EU) 2019/904, 2019)*, abrogando la Direttiva 94/62/CE *(Directive 94/62/EC, 1994)*. A fine novembre 2024 è stata approvata la rettifica alla posizione di aprile 2024 del Parlamento europeo *(Rettifica alla posizione del Parlamento europeo definita in prima lettura il 24 aprile 2024 in vista dell'adozione del regolamento (UE) 2024/... del Parlamento europeo e del Consiglio sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio, che modifica il regolamento (UE) 2019/1020 e la direttiva (UE) 2019/904 e che abroga la direttiva 94/62/CE)* e viene pubblicato in Gazzetta Ufficiale il 23 gennaio 2025.

Risulta importante, tuttavia, comprendere gli obiettivi e i target che saranno in vigore a partire dal periodo transitorio successivo all'adozione.

Al centro della PPWR vi è un aumento della responsabilizzazione dei produttori, facendo leva sul principio della responsabilità estesa del produttore. Viene pertanto manifestata l'esigenza di una armonizzazione delle tasse a livello nazionale, che sono sempre più correlate alla performance in fase di riciclo. Infatti, i produttori sono tenuti a minimizzare la quantità di materiali utilizzati – a parità di performance garantita – facilitando il riciclaggio dei componenti separabili, ottimizzando più in generale l'impatto ambientale di tutte le fasi del ciclo di vita. Relativamente alla riciclabilità, vengono definiti tre livelli di riciclabilità da non confondere con quanto riportato nel Sistema di Valutazione Aticelca 501 (Aticelca, 2019). Inoltre, è stato deciso come i contenitori per liquidi raggiungano l'obiettivo del 55% di riciclo su larga scala. In aggiunta al requisito di riciclabilità, il produttore deve effettuare opportuna valutazione di conformità (a titolo di esempio relativa a sostanze chimiche persistenti – PFAS, compostabilità e riutilizzo).

Ribadendo i divieti per imballaggi monouso polimerici e l'importanza di una etichettatura chiara, informativa e armonizzata, il PPWR pone un forte accento sulla prevenzione dei rifiuti. Viene imposto un

obiettivo di riduzione del quantitativo di rifiuti prodotto (-15% entro il 2040), calcolato su base pro capite, possibilmente incentivando soluzioni riutilizzabili o ricaricabili.

Cercando di fare più chiarezza, il PPWR fornisce molteplici definizioni, tra le quali quella di imballaggio composito. In particolare, viene fissato un limite massimo di contenuto non cellulosico ammissibile pari al 5% in peso del totale, escludendo dal calcolo es. etichette, vernici, inchiostri e adesivi.

1.1.2 2023/988

Il Regolamento (UE) 2023/988 *(Regulation (EU) 2023/988, 2023)*, noto anche come General Product Safety Regulation (GPSR), introduce una serie di novità significative nel panorama della sicurezza dei prodotti di consumo in Europa. Applicato a partire dal 13 dicembre 2024, esso stabilisce le norme essenziali in materia di sicurezza dei prodotti di consumo sul mercato al fine di garantire un elevato livello di protezione dei consumatori. Contestualmente, si rafforza la sorveglianza del mercato e modernizza il precedente sistema abrogando la Direttiva 2001/95/CE *(Directive 2001/95/EC, 2001)* e la Direttiva 87/357/CEE *(Council Directive 87/357/EEC, 1987)*, adattandolo alle sfide poste dal commercio elettronico e dalle nuove tecnologie.

Il GPSR non si applica alle categorie di prodotti già disciplinate. Vengono pertanto esclusi – tra gli altri – alimenti, mangimi, medicinali per uso umano o veterinario, così come i sottoprodotti e i prodotti derivati di origine animale. Impatta però il settore del packaging a prevalenza cellulosica anche in relazione ai materiali e oggetti a contatto con gli alimenti. Infatti, gli operatori economici[1] sono tenuti a garantire la sicurezza dei prodotti immessi sul mercato. Questa viene valutata anche mediante le caratteristiche fisiche, chimiche, meccaniche del pro-

1 Per operatore economico si identifica il fabbricante, il rappresentante autorizzato, l'importatore e il distributore. Il Regolamento 2023/988 definisce anche i casi in cui gli obblighi del fabbricante siano estesi ad altre persone.

dotto attraverso la redazione di opportuna documentazione e l'inserimento di informazioni utili a identificare, nonché tracciare il prodotto. Il concetto di prodotto sicuro viene ridefinito in chiave più ampia, includendo anche i rischi legati all'etichettatura, alle istruzioni d'uso e alla sicurezza informatica.

1.1.3 EMENDAMENTI AL REGOLAMENTO (UE) 10/2011

Ampiamente noto e discusso, il Regolamento (UE) 10/2011 *(Commission Regulation (EU) 10/2011, 2011)* ha subito numerose modifiche negli anni grazie ad una serie di emendamenti. Il 10/2011 mira a garantire un elevato livello di sicurezza alimentare, valutando attentamente le sostanze utilizzate nella produzione di materiali e gli oggetti destinati a venire a contatto con i prodotti alimentari (MOCA), assicurando che non migrino in quantità pericolose negli alimenti. Facendo quindi fronte ai più recenti pareri scientifici dell'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA - https://www.efsa.europa.eu/it), i vari emendamenti al Regolamento 10/2011 – tra i vari cambiamenti – aggiungono nuove sostanze autorizzate e modificano le autorizzazioni esistenti presenti nell'Allegato I.

Il Regolamento (UE) 2023/1442 *(Commission Regulation (EU) 2023/1442, 2023)* è conosciuto anche come il XVI emendamento e modifica l'Allegato I del Regolamento (UE) 10/2011, rappresentando un ulteriore passo avanti nell'ambito della sicurezza alimentare. Entrato in vigore ad agosto 2023, il suo scopo principale è stato quello di aggiornare e rafforzare la normativa europea riguardante i MOCA, modificando la lista dei materiali autorizzati (si eliminano, a titolo di esempio, "farina e fibre di legno non trattati" come additivo). Il Regolamento 2023/1442 ha anche introdotto misure transitorie per consentire l'esaurimento delle scorte dei prodotti conformi al vecchio regolamento, garantendo così una transizione graduale.

Più recentemente, ad aprile 2024 è stata chiusa la consultazione pubblica del XVIII emendamento al Regolamento 10/2011 (Food Safety – Plastic Food Contact Materials (FCMs) (Update to Quality Control Rules), 2024), il quale chiarisce i requisiti di purezza delle sostanze autorizzate e regole per l'impiego di materiali naturali autorizzati, così come fornisce indicazioni sul riprocesso di materiali polimerici da scarti e sfridi di lavorazione. Di particolare rilevanza anche l'eliminazione dell'Art. 7, relativo all'istituzione e gestione dell'elenco provvisorio di additivi. Infine, probabilmente rappresentando il contenuto più importante per i MOCA, si stabilisce che i materiali multistrato con un rivestimento polimerico a contatto con alimenti debbano essere testati attenendosi ai simulanti e ai limiti di riferimento come previsti nel Regolamento 10/2011.

PPWR (Reg. 2025/40) Reg. 2023/998 Reg. (UE) 10/2011 Reg. 2023/1442 Aticelca 501:2024	**SOSTANZE NON AMMESSE**
PPWR (Reg. 2025/40) Aticelca 502:2022 CAC diversificato	**RAPPORTO CONTENUTO DI FIBRA / ALTRI MATERIALI**
PPWR (Reg. 2025/40) Aticelca 501;2024 CAC diversificato	**DESIGN FOR RECYCLING**
PPWR (Reg. 2025/40)	**OTTIMIZZAZIONE DEI VOLUMI**

Figura 1. **Influenza di Regolamenti e Direttive recenti sui principali aspetti progettuali del packaging.**

1.1.4 NUOVA VERSIONE DEL METODO DI RICICLABILITÀ CEPI

A febbraio 2025 è stata pubblicata una nuova versione della metodologia di test su scala laboratoriale armonizzata a livello europeo *(Cepi Recyclability Test Method Version 3, 2025)*. L'ultima versione fa esclusivamente riferimento alla metodologia per cartiere standard; per metodologie che includano la disinchiostrazione o il processo in cartiere specializzate si deve fare riferimento alle metodologie pubblicate sul sito di 4evergreen *(Industry Tools and Guidelines, n.d.)*.

Tra le novità: si definisce la possibilità, in aggiunta all'analisi della domanda chimica di ossigeno, di eseguire l'analisi della domanda biologica di ossigeno – entrambe risultano ancora opzionali; viene migliorata la descrizione della procedura di valutazione dei *macrostickies* per aumentarne la riproducibilità tra i vari laboratori, restando comunque un parametro opzionale; si forniscono maggiori informazioni negli allegati in riferimento alla parte di adesività del foglio di materiale riciclato e della caratterizzazione degli scarti (4evergreen Alliance, 2025); infine, qualora il materiale produca più del 15% di scarti (tra grossolani e fini) e/o vi sia una importante parte di fibre negli scarti, è possibile aumentare il tempo di spappolamento nel pulper a 20 minuti.

1.2 **Panorama normativo: Italia**

1.2.1 **LINEE GUIDA PER APPLICAZIONE DEL REGOLAMENTO (CE) 2023/2006**

Nell'ambito del progetto CAST (Contatto Alimentare Sicurezza e Tecnologia), l'Istituto Superiore di Sanità ha pubblicato un documento relativo alle linee guida per l'applicazione del Regolamento (CE) 2023/2006 *(Commission Regulation (EC) No 2023/2006,* 2006) alla filiera dei MOCA *(Gesumundo et al., 2023)*. Il documento integra i Rapporti ISTISAN 09/33[2] e 16/42[3] *(Milana et al., 2009, 2016)*. A fronte di una parte di applicazione generale, vengono delineate le linee guida per i singoli materiali. In particolare, le parti B2 e B3 sono relative rispettivamente alla produzione e trasformazione di carta e cartone, mentre la parte B4 è specifica per gli imballaggi flessibili, la B11 agli adesivi e la B12 agli inchiostri da stampa. Rispetto ai Rapporti ISTISAN precedenti, questa edizione del 2023 definisce ulteriori quattro filiere: articoli in metallo ri-

2 Linee guida per l'applicazione del Regolamento 2023/2006/CE alla filiera dei materiali e oggetti destinati al contatto con gli alimenti.
3 Linee guida per l'applicazione del Regolamento 2023/2006/CE alla filiera di produzione di vernici, adesivi e inchiostri da stampa per materiali a contatto con alimenti

vestito destinati alla cottura, gomma, macchine per il confezionamento degli alimenti, impianti di distribuzione di gas additivi alimentari.

Per ogni parte, vengono inizialmente identificate e descritte le fasi del processo, così come le disposizioni nazionali e comunitarie inerenti alla parte stessa. Successivamente, vengono riportati e descritti gli adempimenti derivanti dall'applicazione del Regolamento (CE) 2023/2006. Trattandosi di linee guida, il presente documento non ha carattere vincolante per gli operatori economici.

1.2.2 **AGGIORNAMENTO SISTEMA DI VALUTAZIONE ATICELCA 501:2024**

È stato recentemente aggiornato, in seguito ad una fase di discussione e successiva consultazione pubblica avvenuta a fine 2024, il Sistema di Valutazione Aticelca. Il documento accetta i risultati provenienti dal metodo di laboratorio di riciclabilità CEPI versione 2 *(Cepi, 2022)*, a fronte di una comparazione tra i metodi UNI 11743:2019 e CEPI v.2. Ciò è possibile grazie ad uno studio finanziato da Aticelca e Comieco in cui si è osservato come i metodi UNI 11743:2019 *(UNI 11743:2019, 2019)* e CEPI v.2 fossero comparabili a patto di opportuni fattori di conversione. Qualora il campione composito testato contenga componenti solide non separabili manualmente costituite da almeno l'80% di polietilene, il valore di scarto grossolano viene diminuito del 5%. La detrazione della percentuale di scarto grossolano è concessa esclusivamente se viene fornita una adeguata scheda tecnica che comprovi il quantitativo di polietilene.

L'aggiornamento ha introdotto l'accertamento di requisiti composizionali relativi alla composizione di eventuali polimeri, la presenza intenzionale di altre sostanze, tra le quali PFAS, bisfenolo A (BPA) e bisfenolo S (BPS). Viene richiesta l'assenza di sostanze di elevata preoccupazione (SVHC), stabilendo un limite massimo pari allo 0.1% in peso.

Una ulteriore importante novità è relativa all'adattamento della metodologia per la valutazione nell'analisi dei macrostickies per i campioni che presentano elevata presenza di particelle riflettenti o bianche, le quali interferiscono con la metodologia precedentemente definita. Tutte le modifiche enunciate si inseriscono in una logica di maggiore attenzione alla riproducibilità dei metodi tra i vari laboratori qualificati.

1.2.3 **METODO ATICELCA 502:2022**

Presentato a febbraio 2023, il metodo Aticelca 502:2022 *(Aticelca 502:2022, 2022)* relativo alla separabilità dei componenti si pone l'obiettivo di affiancare il metodo Aticelca 501 nel caso di materiali e prodotti a prevalenza cellulosica di cui almeno uno dei costituenti sia conferibile nella filiera di riciclo di carta e cartone. Pensato come uno strumento di eco-design, valuta la presenza di indicazioni volte alla separazione dei costituenti, la comprensione di indicazioni e operazioni, nonché l'efficacia delle operazioni di separazione.

Sebbene sia un approccio virtuoso per sviluppare imballaggio che riduce il quantitativo di materiale non cellulosico immesso nella filiera del riciclo, Centro Qualità Carta riporta come – similarmente al metodo Aticelca 501 – la richiesta di test nella prima fase dopo il lancio del metodo è ancora molto limitata, nonostante sia atteso un incremento significativo negli anni a venire.

1.2.4 **CONTRIBUTO AMBIENTALE CONAI PER COMPOSITI A BASE CARTA**

In un comunicato stampa di Conai di inizio dicembre 2024 *(CONAI: Da Luglio 2025 Variano i Contributi Ambientali per Gli Imballaggi in Legno, Plastica e Vetro e per i Compositi a Base Carta, 2024)*, si legge come

le fasce contributive del Contributo Ambientale Conai (CAC) per gli imballaggi a prevalenza cellulosica passino da sei a otto. In aggiunta – e in un'ottica legata al *design for recycling* – vengono riconosciute specifiche scontistiche agli extra-CAC per gli imballaggi sottoposti a prova di riciclo secondo la UNI 11743 per i quali è stato anche valutato il grado di riciclabilità secondo il Sistema Aticelca 501.

La scelta, approvata da Conai su proposta di Comieco, mira ad una modulazione del contributo che sia rappresentativa dei relativi comportamenti in fase di riciclo. Si sono quindi divise le fasce relative a compositi di tipo B e C dividendo il contributo tra chi ha certificato il proprio prodotto e chi no, prevedendo uno sconto che va dal 40% al 60% per i compositi di tipo C1 e di tipo B1 rispetto ai compositi di tipo C2 e B2, rispettivamente *(Conai, 2025)*.

La decisone prevede un iniziale periodo di prova di un anno, al termine del quale verranno tratte le conclusioni e stilate le indicazioni che definiranno i successivi possibili cambiamenti della politica di contribuzione. Si ricorda che quest'ultima aveva già visto una iniziale suddivisione in funzione del contenuto cellulosico dell'imballaggio, come riportato nella precedente ricerca *(Marinelli et al., 2022)*.

1.3 **Contesto tecnologico**

Afronte di quanto definito e riportato nel primo volume pubblicato *(Marinelli et al., 2022)*, risulta doveroso fornire una precisazione relativa alle indicazioni di grammatura. Adattamenti e sviluppi tecnologici stanno portando sempre più a minimizzare le grammature depositabili sui substrati. Il processo è in atto da anni oramai, ma gli effetti sono sempre più evidenti e rappresentativi di un mercato che cerca di "sgrammare" il rivestimento. In particolare, e grazie al confronto con i professionisti di Lucense e Centro Qualità Carta, si evidenzia come le grammature per gli accoppiati siano oramai nell'ordine di 15–18 g/m^2 (dai >20 g/m^2 riportati in precedenza) mentre rivestimenti estrusi e co-estrusi possono raggiungere grammature prossime a 5 g/m^2 (rispetto ai 10–20 g/m^2 già riportati). Discorso differente, invece, per rivestimenti da dispersione – più opportunamente definibili come soluzioni colloidali. In questo caso, la grammatura a secco solitamente raggiunge un range di 3–5 g/m^2 (coerentemente con i <10 g/m^2 riportati precedentemente). Per quanto verrà descritto e discusso più avanti nel documento, è opportuno evidenziare come il termine "soluzione colloidale" faccia prevalentemente riferimento a dispersioni polimeriche, sebbene queste ultime rappresentino un sottoinsieme delle prime. La precisazione è

fondamentale perché esistono tecnologie emergenti che coinvolgono soluzioni colloidali di natura inorganica.

Una riduzione della grammatura del rivestimento implica un maggiore controllo della continuità del rivestimento, così come del grado di liscio del substrato. Inoltre, una riduzione dello spessore del rivestimento – a parità di altre variabili – porta generalmente ad una riduzione delle proprietà barriera. Conseguentemente, è necessario molto lavoro per ottimizzare, ad esempio, le formulazioni e garantire pari o maggiori prestazioni a fronte di una riduzione della grammatura del rivestimento.

2

Analisi di mercato

2.1 **Metodologia**

Similarmente alla precedente pubblicazione, in questo aggiornamento le attività hanno seguito una fase di *desk research* abbinata ad una di interviste a realtà industriali. Come evidenziato di seguito, l'orizzonte di indagine è stato ampliato integrando le innovazioni immesse sul mercato a livello europeo e – in qualche caso – a livello mondiale. La scelta è stata dettata dal respiro internazionale di molte aziende, che producono, utilizzano o commerciano materiali e soluzioni non necessariamente sviluppate in Italia. Il risultato auspicato vuole pertanto essere duplice: da un lato integrare soluzioni più recenti fornendo un'analisi aggregata dei dati e, dall'altro, proporre ai lettori delle tendenze di respiro internazionale.

L'obiettivo prefissato è stato di poter catturare le tendenze che si stanno affacciando sul mercato, siano esse relative ad un miglioramento delle proprietà barriera, a nuove strutture di imballaggio o tecnologie. Conseguentemente, il taglio di questo documento si concentra prevalentemente sul settore *Food and Beverage*. La scelta è nata a fronte dei più recenti aggiornamenti regolatori, ma anche in funzione delle principali osservazioni inerenti alla precedente pubblicazione (Marinelli et al., 2022). Tra gli altri settori esplorati è possibile indicare quello farmaceuti-

co, dell'*e-commerce* e, in maniera trasversale, alle possibili innovazioni in termini di macchinabilità dell'imballaggio.

2.1.1 **DESK RESEARCH**

La maggioranza dei casi studio mappati sono stati reperiti attraverso la ricerca e l'indagine di pagine web di differente tipologia, selezionando i risultati caratterizzati dalla natura a prevalenza cellulosica. Possiamo identificare quattro categorie di fonti, come segue:

- Premi conferiti a vario titolo al packaging
- Riviste e fiere del settore
- Siti di realtà operanti nel settore, es. multinazionali, produttori di materia prima e/o seconda, produttori di imballaggio e fornitori di macchinari

I casi studio sono stati selezionati tra quelli appartenenti al lasso temporale 2020–2024 in funzione dell'anno di pubblicazione della fonte. Avendo incluso anche premi per il packaging, è stato ritenuto valido l'anno di assegnazione del premio; pertanto, è possibile che qualche caso studio mappato risulti presentato o immesso a consumo prima del 2020.

Premi a vario titolo al packaging

Relativamente ai premi per packaging, una volta identificato un caso studio coerente allo scopo la ricerca è transitata al sito del produttore per approfondire i rispettivi casi studio. Relativamente alle di collaborazioni tra aziende, entrambi i siti sono stati investigati. È bene evidenziare come le informazioni collezionate e categorizzate sono basate su quanto dichiarato dalle rispettive fonti, favorendo affermazioni supportate da certificazioni terze e riferimenti a specifiche normative, standard e condizioni di test.

Di seguito la lista dei premi considerati, riportati in ordine alfabetico:

- Associazione per il Disegno Industriale – ADI Packaging Award https://www.adi-design.org/
- Deutsches Verpackungs Institut – German Packaging Award https://www.verpackung.org/en
- Harpers Design Awards https://harpersdesignawards.com/
- Pac Global - Pac Global Awards https://www.pac-awards.com/
- Packaging Europe – Sustainability Awards https://packagingeurope.com/
- Packaging Speaks Green – Best Packaging award https://packagingspeaksgreen.com/en
- Scandinavia Packaging Association – ScanStar https://scanstar.org/
- Schweizerisches Verpackungsinstitut – Swiss Packaging Award https://svi-verpackung.ch/
- World Packaging Organisation – Worldstar Global Packaging Awards https://worldstar.org/

Riviste e fiere del settore

La metodologia di ispezione ha principalmente visto l'esaminazione della sezione nella quale la rivista tiene traccia di tutti gli articoli e novità pubblicate[4]. Qualora non disponibile, sono state sfogliate le singole riviste alla ricerca di parole chiave quali: *packaging, food, beverage, pharmaceutical, coating, biobased, barrier, fiber, cellulosic*. Ritrovato del materiale di interesse, l'investigazione si è spostata sui siti dei rispettivi produttori, similarmente a quanto descritto in "Premi a vario titolo al packaging". Numerose riviste sono state esaminate, molte delle quali riportate in ordine alfabetico nel seguente elenco:

4 Il nome di questa sezione non è omogeneo tra tutti i siti. Generalmente di parla di "News", in altri casi di "Newsletter" e in altri ancora di "Articoli".

- Com.Pack: https://www.compacknews.news/it/
- Converting Magazine: https://www.convertingmagazine.it/
- Creativverpacken: https://creativverpacken.de/
- Envase y Embalaje: https://www.interempresas.net/
- ItaliaImballaggio: https://www.italiaimballaggio.it/
- Neue Verpackung: https://www.neue-verpackung.de/
- Pack Markedet: https://packm.dk/
- Packaging Digest: https://www.packagingdigest.com/
- Packaging Europe https://packagingeurope.com/
- Packaging Gateway: https://www.packaging-gateway.com/
- Packaging Insights: https://www.packaginginsights.com/
- Packaging International: https://www.packaging-mag.com/it/
- Packaging News: https://www.packagingnews.co.uk/
- PackNews: https://packnews.no/
- Packaging World: https://www.packworld.com/

Analogamente, parte della ricerca ha visto l'esplorazione della sezione newsletter/articoli di alcune fiere del settore, tra le quali:

- Ipack-IMA: https://www.ipackima.com/
- Packaging Première & PCD https://www.packagingpremiere.it/
- Paris Packaging Week: https://www.parispackagingweek.com/en/

Siti di realtà operanti nel settore

Sebbene talvolta già inclusi nella metodologia precedentemente illustrata, sono stati investigati i siti internet di molteplici aziende e realtà industriali. Sono state incluse molteplici aziende multinazionali operanti nel settore del Food & Beverage, tra le quali si riportano a titolo d'esempio e in ordine alfabetico:

- Gruppo Barilla: https://www.barillagroup.com/
- Kellanova: https://www.kellanova.com/

- Mondelēz International: https://www.mondelezinternational.com/
- Nestlé: https://www.nestle.com/
- Unilever: https://www.unilever.com/

La ricerca ha mappato anche soluzioni sviluppate e commercializzate da altre aziende che si occupano di produzione di semilavorati e imballaggio a prevalenza cellulosica, tra le quali si può annoverare, in ordine alfabetico:

- Billerudkonstat: https://www.billerud.com/
- MetsaGroup: https://www.metsagroup.com/
- Mondi: https://www.mondigroup.com/
- SIG: https://www.sig.biz/
- StoraEnso: https://www.storaenso.com/
- UPM: https://www.upm.com/
- WestRock: https://www.westrock.com/

2.1.2 **INTERVISTE A REALTÀ INDUSTRIALI**

Nel corso dell'indagine sono state intervistate alcune aziende leader operanti direttamente o indirettamente nell'ambito del packaging a prevalenza cellulosica al fine di condividere potenzialità, vantaggi e limitazioni delle soluzioni innovative dai vari attori della filiera. La tipologia di intervista semi-strutturata è stata adottata per fornire una traccia all'intervistato, lasciando comunque la possibilità di poter evidenziare ulteriori aspetti o tematiche rispetto la traccia definita. L'obiettivo è stato quello di far emergere l'impegno dell'azienda nei confronti dell'innovazione di imballaggio a prevalenza cellulosica barrierato, discutendo soluzioni sviluppate, tecnologie adottate e prodotti immessi sul mercato. Le informazioni condivise e gli aspetti principali emersi sono stati integrati nel documento previo accordo con le rispettive parti.

Nello specifico, tra settembre e ottobre 2024 sono state intervistate le seguenti aziende, riportate in ordine alfabetico:

- Burgo Group S.p.A.[5], grazie alla disponibilità dell'Ing. Giuseppe Tagliaferri, ricercatore senior
- Ghelfi Ondulati S.p.A.[6], grazie alla disponibilità dell'Ing. Luca Simoncini, innovation manager, e dell'Ing. Mauro Profaizer, R&D Engineer.
- Lamberti S.p.A.[7], grazie alla disponibilità di Marco Ubbiali, product manager per il coating barriera su carta, e Maurizio Poyre, global business development manager
- Lucense SCaRL e Centro Qualità Carta[8], grazie alla disponibilità del Dott. Simone Giangrandi, responsabile dell'unità Ricerca e Innovazione, dell'Ing. Marco Buchignani, responsabile sviluppo tecnico del Centro Qualità Carta, di Stefano Pieroni, tecnico di laboratorio del Centro Qualità Carta, e della Dott.ssa Rita Tarantino, tecnico di laboratorio del Centro Qualità Carta
- Qwarzo S.p.A.[9], grazie alla disponibilità dell'Ing. Luca Panzeri, fondatore e direttore tecnico, e della Dott.ssa Claudia Dilonardo, Brand Manager
- SACMI Imola S.C.[10], grazie alla disponibilità di Fabrizio Pucci, direttore ricerca e sviluppo e sviluppo prodotti rigid packaging technology

5 https://www.burgo.com/
6 https://ghelfiondulati.com/it/
7 https://www.lamberti.com/
8 https://www.lucense.it/ e https://cqc.it/
9 https://www.qwarzo.com/
10 https://www.sacmi.it/

2.1.3 STRUTTURA DATABASE E CATEGORIZZAZIONE INFORMAZIONI

La struttura del database è stata principalmente mantenuta in linea con quella definita nella precedente pubblicazione *(Marinelli et al., 2022)* con alcune modifiche minori. In particolare, è stato introdotto il parametro "Nazione" per identificare in modo più preciso le soluzioni proposte da aziende la cui sede centrale *(headquarter)* si trova al di fuori dell'Italia. Appare inoltre la voce "Coating/Adesivo", quando il caso studio è sì pensato per imballaggi a prevalenza cellulosica, ma non risulta esso stesso un imballaggio; rientrano le soluzioni appartenenti a rivestimenti, adesivi e più in generale i materiali applicabili e integrabili nel packaging.

A fronte di un processo iterativo che ha considerato di volta in volta i casi studio mappati, sono state identificate delle macroleve di innovazione, definendone due livelli di dettaglio (Figura 2). Di seguito l'elenco con brevi descrizioni, mentre un maggiore livello di dettaglio è lasciato al paragrafo dei risultati:

- **Verso il monomateriale:** la leva rappresenta e racchiude gli sforzi atti a minimizzare e ottimizzare il contenuto di materiale non cellulosico convenzionale – generalmente da fonte petrolchimica – al fine di rendere il prodotto monomateriale. Le innovazioni possono essere inerenti anche all'ottenimento di rivestimenti costituiti da un solo materiale
- **"Addio" al petrolchimico:** questa leva è relativa all'impegno delle aziende a sviluppare e fornire rivestimenti o soluzioni barrierate basate sull'uso di materie prime che non siano di derivazione fossile; al suo interno possiamo identificare tre leve, come da descrizione seguente:
    - **Rivestimento da biomassa:** raggruppa soluzioni in cui il rivestimento funzionalizzante è derivato da biomassa, cioè da fonte rinnovabile

- **Rivestimento minerale/inorganico:** insieme di soluzioni che sostituiscono rivestimenti polimerici (sia da fonte fossile che da biomassa) con controparti ottenute da materiali inorganici/minerali
- **Cellulosa funzionalizzante:** racchiude i casi innovativi in cui la cellulosa è essa stessa alla base della funzionalizzazione del substrato. Si parla di cellulosa micro- e nano-fibrillata, ma anche di particolari trattamenti che possono ridurre la porosità del substrato migliorandone le proprietà barriera

> **Macchinabilità:** molte delle innovazioni che sono state reperite afferiscono alla sfera del processo industriale, ad esempio ad una tecnologia di formatura o di chiusura. La caratteristica comune è la possibilità di poter sviluppare nuove strutture di imballaggio oppure permettere nuove funzionalità che rendono la carta adatta ad altri settori:

- **Formatura:** al suo interno sono presenti i casi studio che fanno della tecnologia di formazione la spinta innovativa. Sono incluse, a titolo di esempio, tecnologie di formatura a umido e a secco di fibre.
- **Tecnica di chiusura:** sempre in un'ottica di riduzione del contenuto non cellulosico, vengono racchiuse da questa sotto-leva le soluzioni che minimizzano o evitano l'uso di adesivi o che riescono ad eliminare accessori convenzionalmente polimerici, mantenendo pur sempre la funzionalità dell'imballaggio.
- **Imbottitura:** tendenza relativa al sapiente uso delle proprietà di isolamento termico e di assorbimento degli urti della cellulosa che ha aperto in particolare al settore dei prodotti per la catena del freddo.

> **Fibre alternative:** la macroleva racchiude i casi studio che adottano l'uso di fibre cellulosiche meno convenzionali, esaltandone

la sostenibilità, ma anche potenzialmente aspetti estetici altrimenti non raggiungibili.

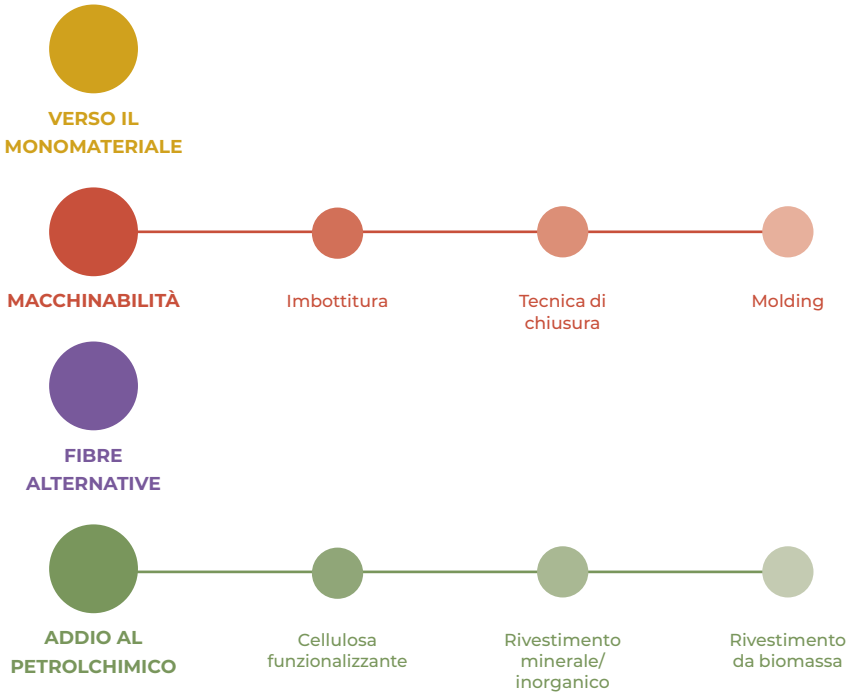


Figura 2. **Organizzazione delle macroleve e delle relative leve individuate durante la fase di ricerca**

Come anticipato in precedenza, la selezione dei casi studio è stata svolta facendo principale riferimento a prodotti e articoli adatti al contenimento di alimenti, integrando, qualora possibile, quelli riferibili ai settori farmaceutico e dell'*e-commerce*, nonché ad innovazioni nell'ambito della macchinabilità. Per ogni azienda, si è mantenuto un massimo due articoli mappati per evitare concentrazione di soluzioni o la mappatura di casi studio molto simili tra loro che differivano per minimi dettagli tecnici – ad esempio la forma dell'imballaggio o la grammatura del rivestimento. In caso di soluzioni con importanti differenze, sono state analizzate tutte.

2.2 **Risultati e discussione**

L'analisi ha visto la mappatura di 139 casi studio, collezionati da 123 differenti aziende. Interessante la compagine dei casi studio di aziende con sedi in Italia, che rappresenta circa il 14 % del totale. I casi studio mappati in questo lavoro rappresentano una porzione di tutti quelli presenti sul mercato, coerentemente con la metodologia di selezione e analisi adottata, inclusa la lista di fonti esplorate. Ciononostante, e come già rimarcato in altri paragrafi, l'obiettivo del documento è quello di fornire una visione più ampia di quanto accade esclusivamente sul territorio italiano.

A differenza della prima pubblicazione, la composizione chimica dei rivestimenti barriera dei casi studio è risultata più difficile da reperire. Questo perché in generale il grado di innovatività e la necessità di protezione intellettuale delle soluzioni sono alla base di un più rigoroso controllo relativo alla diffusione delle informazioni.

Relativamente all'anno di pubblicazione o premiazione, abbiamo rilevato una crescita importante negli anni, come rappresentato in Figura 3. La tendenza testimonia il crescente interesse industriale verso imballaggi a prevalenza cellulosica innovativi. La spinta riguarda la ricerca di soluzioni sempre più performanti, ma anche il trend di sostituzione

dei polimeri. Ciononostante, si consideri come prodotti che troviamo oggi in commercio sono il risultato di anni di ricerca e di investimenti. Pertanto, è possibile che negli anni a venire il trend continui la sua crescita, sebbene si sia consapevoli che gli effetti di un mutato contesto regolatorio possano essere importanti.

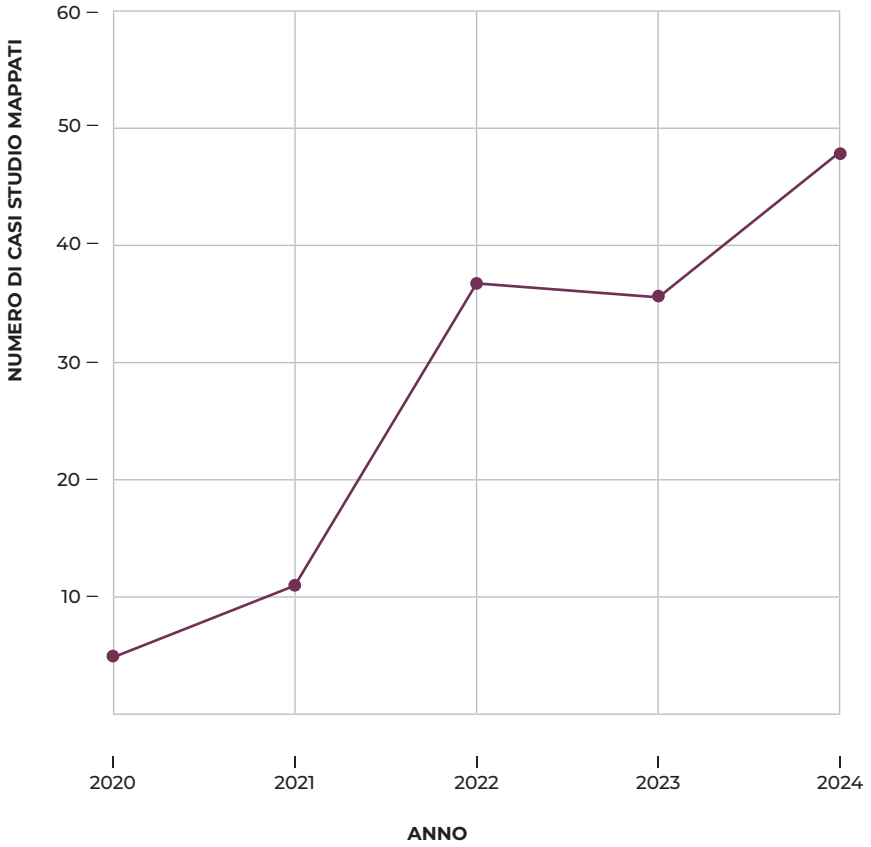


Figura 3. **Trend di pubblicazione o premiazione dei casi studio mappati. Periodo di indagine: 2020–2024.**

In relazione alle leve identificate, la ripartizione è mostrata in Figura 4. In particolare, osserviamo come il maggior numero di casi studio mappati sia associato alla macroleva relativa alla macchinabilità dei

prodotti. Ciò mette in luce gli ampi sforzi volti ad ampliare le strutture disponibili sul mercato, così come la ricerca e messa a punto di soluzioni performanti innovative. Quest'ultima affermazione è ulteriormente supportata dal numero di casi innovativi dal punto di vista del materiale, sia esso relativo all'uso di materiali barrieranti da fonte non fossile, sia da quelli che impiegano tutt'ora materiali di derivazione fossile, ma che ne minimizzano il quantitativo nell'imballaggio.

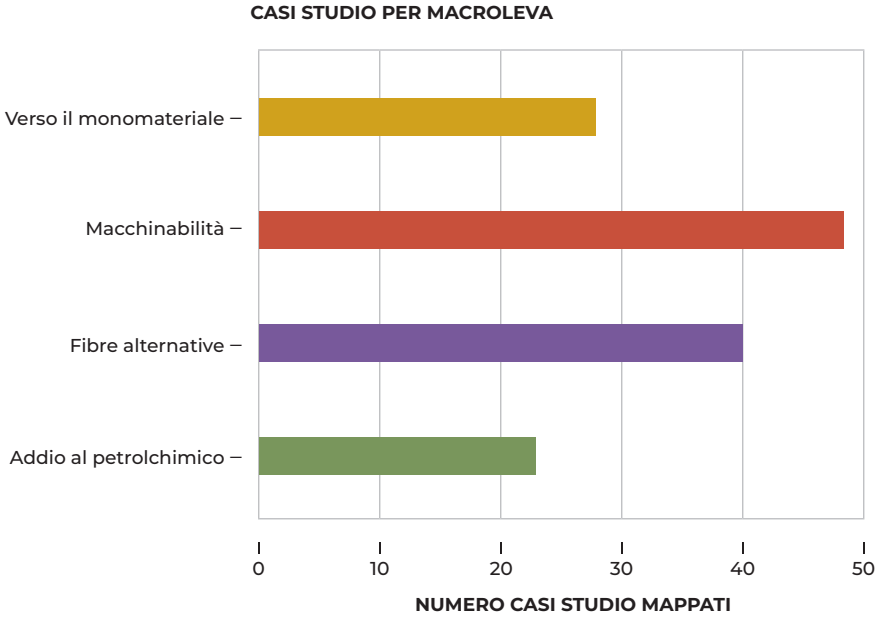


Figura 4**. Numero di casi studio mappati, divisi per macroleva.**

Relativamente alla macroleva più popolare tra quanto mappato ("Macchinabilità"), e in funzione della metodologia adottata in questo lavoro, la maggior parte delle soluzioni è relativa alla produzione mediante stampaggio (*molding*) di fibre, sebbene vi sia una frazione non trascurabile relativa ad innovativi metodi di chiusura e vincolo meccanico tra le parti del packaging (Figura 5).

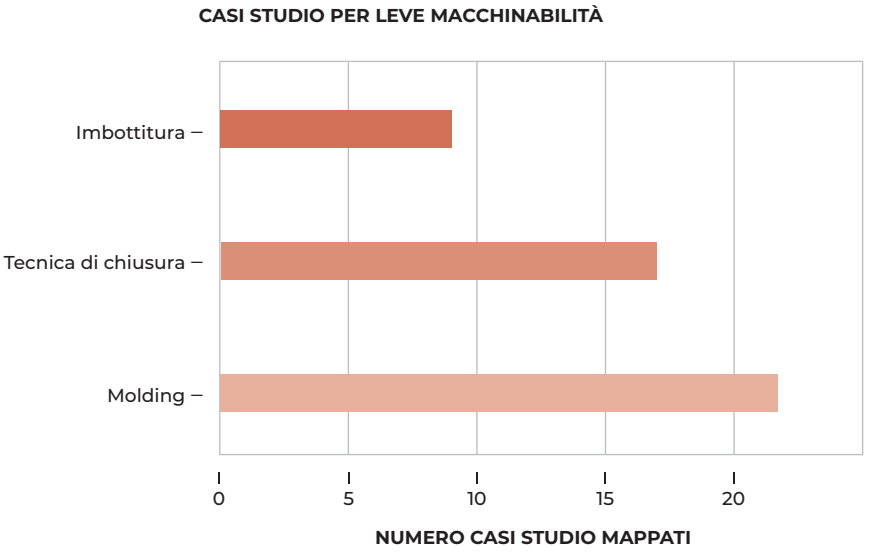


Figura 5**. Numero di casi studio mappati appartenenti alla macroleva "Macchinabilità".**

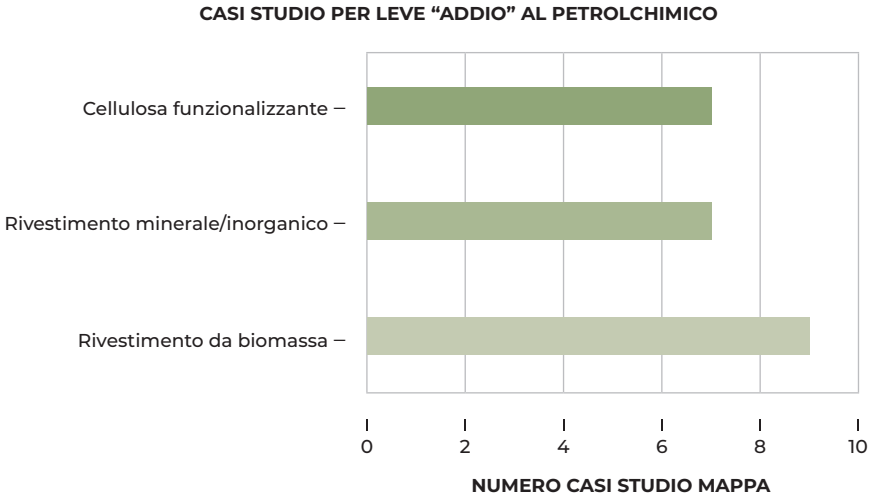


Figura 6**. Numero di casi studio mappati appartenenti alla macroleva "Addio al petrolchimico".**

Relativamente alla macroleva riguardante casi studio innovativi focalizzati sullo sviluppo di alternative a materiali barrieranti polimerici di derivazione petrolchimica, le principali soluzioni osservate si riferiscono allo sviluppo e commercializzazione di materiali la cui materia prima deriva da biomassa (in altre parole: materiali *biobased*). Risultato simile per innovazioni barrieranti o funzionalizzanti a base di cellulosa e rivestimenti inorganici, i quali hanno totalizzato un eguale numero di casi studio mappati.

La Figura 7 accorpa la ripartizione di macroleve per anno, mentre la Figura 8 rappresenta le macroleve, leve e strutture di imballaggio mappate in questo aggiornamento della ricerca di mercato.

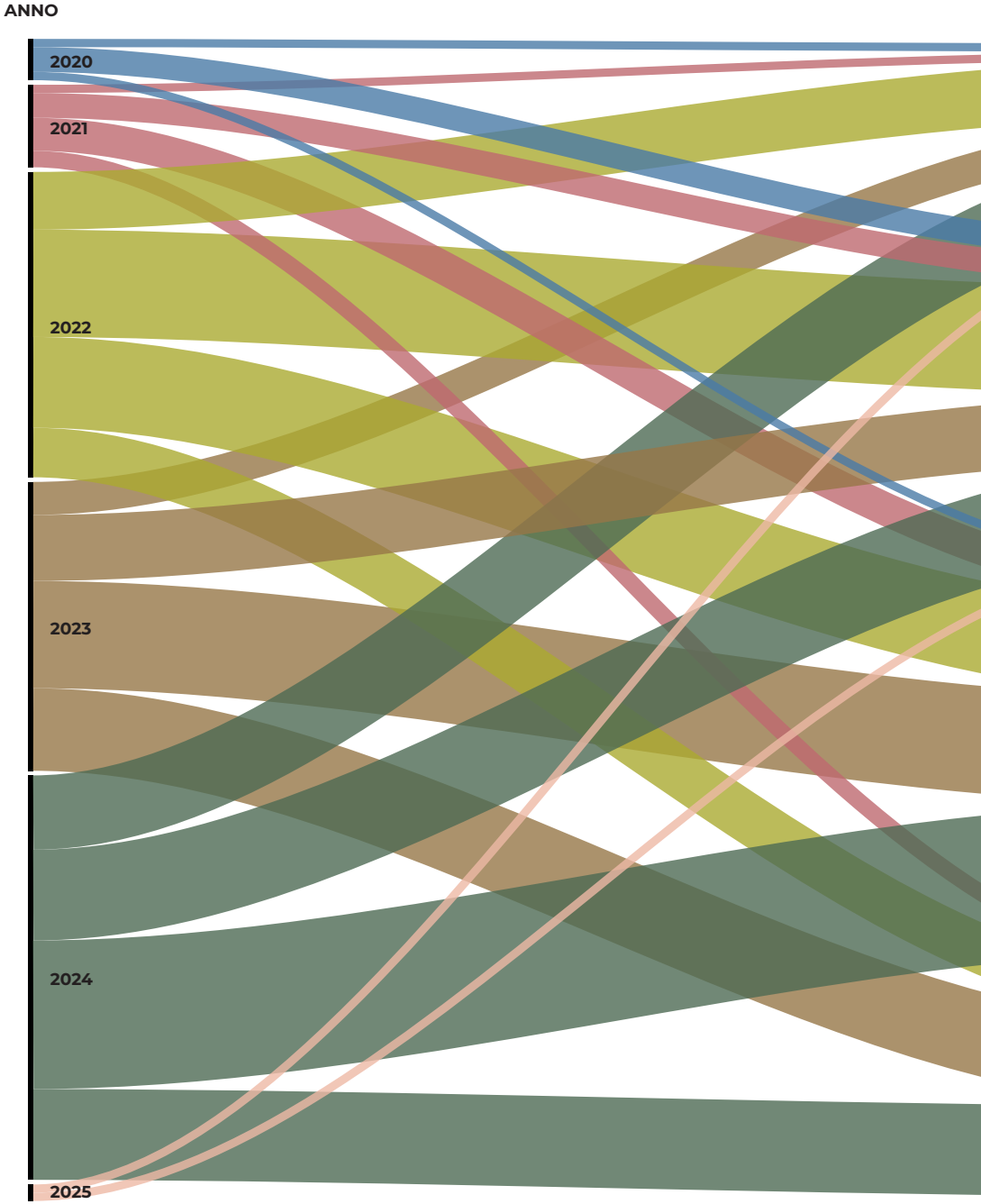
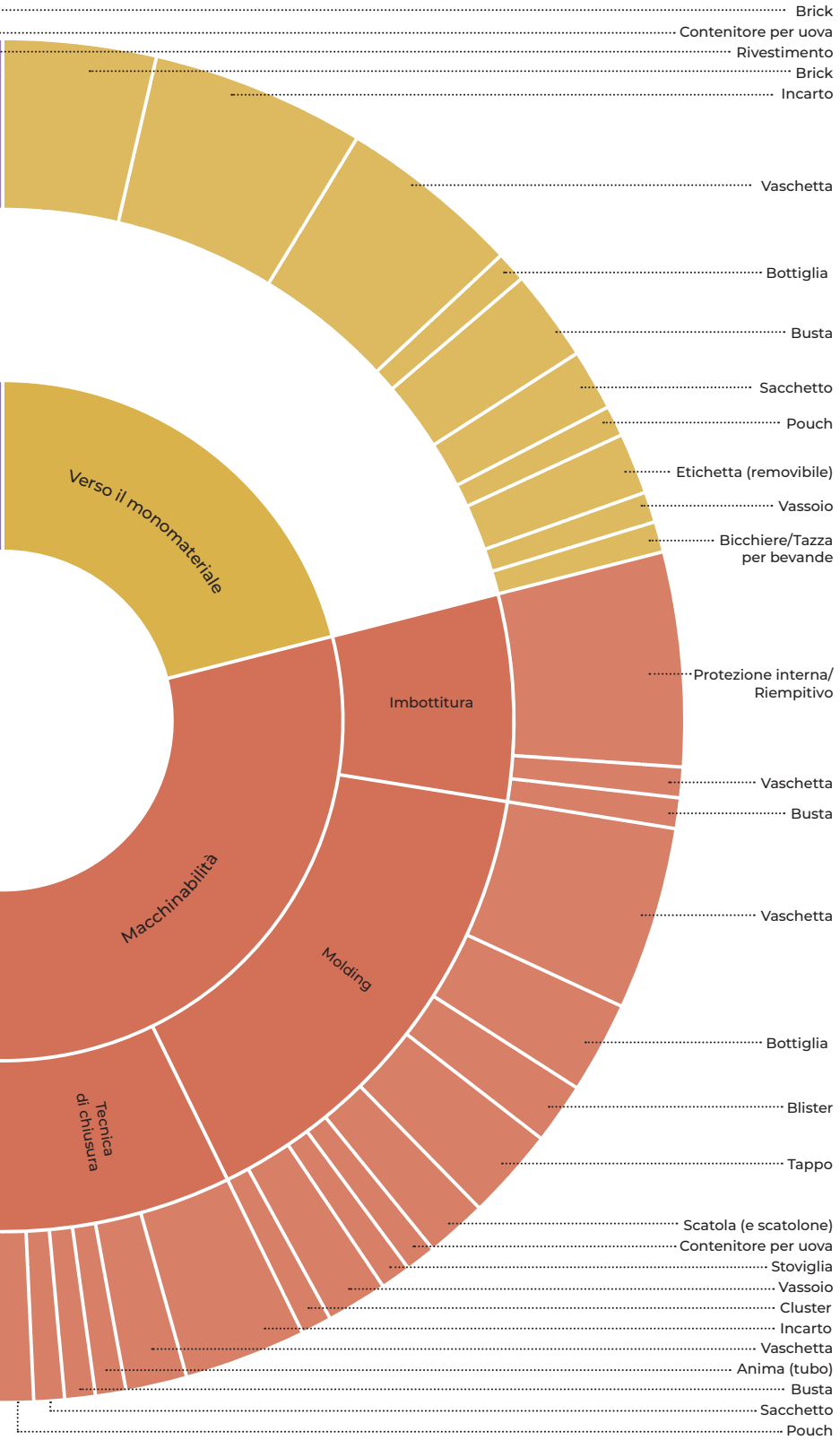


Figura 7. **Rappresentazione della distribuzione dei casi studio appartenenti alle varie macroleve e rispettive leve in base all'anno di pubblicazione**


MACROLEVA
LEVA
ADDIO AL PETROLCHIMICO
FIBRE ALTERNATIVE
MACCHINABILITÀ
VERSO IL MONOMATERIALE
Cellulosa funzionalizzante
Imbottitura
Molding
Rivestimento da biomassa
Rivestimento minerale/inorganico
Tecnica di chiusura

Figura 8.
Ripartizione tra macroleva, leva e struttura di imballaggio dei casi studio mappati.


Brick
Contenitore per uova
Rivestimento
Brick
Incarto
Vaschetta
Bottiglia
Busta
Sacchetto
Pouch
Etichetta (removibile)
Vassoio
Bicchiere/Tazza per bevande
Verso il monomateriale
Protezione interna/ Riempitivo
Imbottitura
Vaschetta
Busta
Macchinabilità
Vaschetta
Molding
Bottiglia
Blister
Tecnica di chiusura
Tappo
Scatola (e scatolone)
Contenitore per uova
Stoviglia
Vassoio
Cluster
Incarto
Vaschetta
Anima (tubo)
Busta
Sacchetto
Pouch

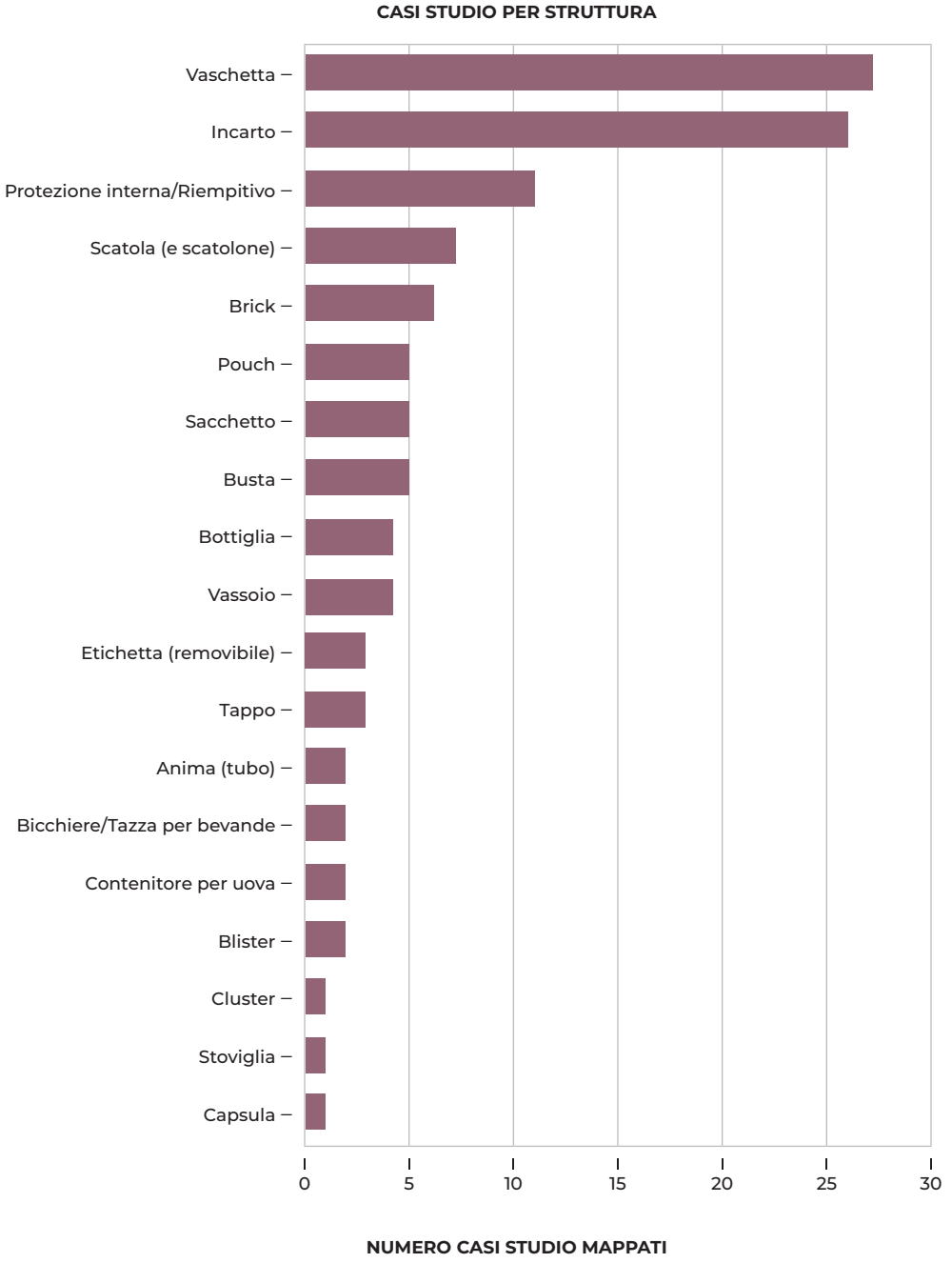


Figura 9**. Frequenza di mappatura per specifiche strutture di imballaggio.**

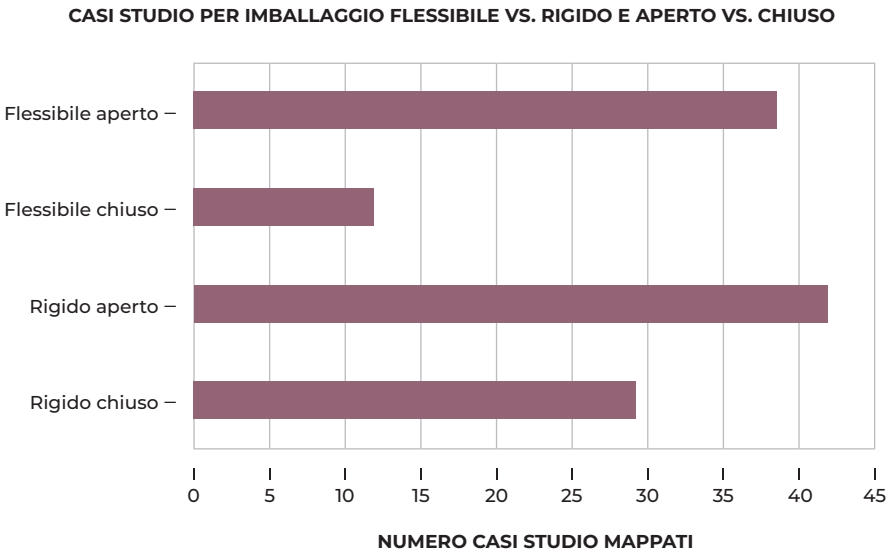


Figura 10**. Numero di casi studio mappati in funzione della macrocategoria (flessibile vs. rigido e aperto vs. chiuso).**

Riprendendo la classificazione riportata nella precedente pubblicazione (Marinelli et al., 2022), in Figura 9 è riportata la frequenza di mappatura delle varie strutture di imballaggio, cui si è aggiunta, come verrà spiegato meglio in seguito, quella del tappo, sia esso filettato o con chiusura a *snap*. La struttura di innovazione più frequentemente analizzata risulta quella della vaschetta, a pari merito con gli incarti. È bene notare come, nonostante non sia riportato in Figura 9 in quanto non un imballaggio di per sé, è risultata significativa la presenza di casi studio rappresentati da prodotti di rivestimento (24 casi studio in totale). In termini numerici, 71 casi studio sono relativi a imballaggio rigido, mentre 50 sono stati gli imballaggi flessibili (Figura 10). Durante l'intervista a Lucense e Centro Qualità Carta, il Dott. Giangrandi ha confermato il grande ambito di sviluppo di rivestimenti, ponendo anche l'accento sul crescente interesse lato industria a contenitori per alimenti, in particolare strutture rigide quali vaschette e vasetti, ma anche sacchetti e buste a base carta.

Per 90 casi studio è stata reperita la filiera di fine vita del prodotto, come riportato in Figura 11. Il riciclaggio dell'imballaggio risulta, come ci si poteva aspettare, il fine vita principale, mentre il compostaggio risulta una via meno comune. Interessante notare come un importante numero di soluzioni mappate abbia la doppia filiera come fine vita.

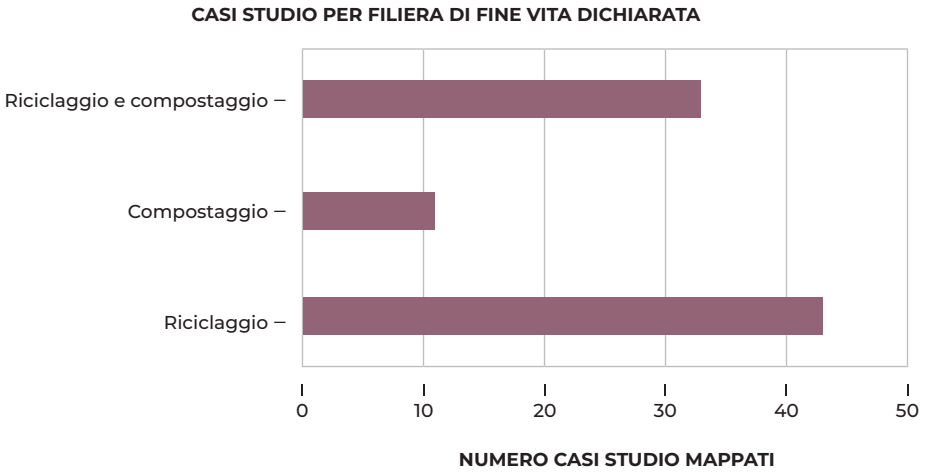


Figura 11**. Filiera di fine vita dichiarata e/o certificata per i casi studio.**

In Figura 12, invece, viene rappresentato uno schema di sintesi che collega – in termini qualitativi – le macroleve, con la categoria merceologica di riferimento e il relativo fine vita dichiarato e/o certificato.

Figura 12. **Rappresentazione globale per i casi studio mappati relativa a macroleva, categoria merceologica e fine vita dichiarato/certificato.**

Nuove barriere e riciclo

Ogni parametro e caratteristica che definisce un imballaggio a prevalenza cellulosica ne influenza tipicamente il comportamento a riciclo in maniera più o meno marcata. Che sia una miglioria incrementale piuttosto che radicale, sarà sempre più importante considerare gli impatti a fine vita. Abbiamo cercato di evidenziare come ci siano numerosi prodotti in via di sviluppo e altri già sul mercato che seguono o cercano di anticipare le disposizioni in materia di imballaggio e rifiuti di imballaggio. Ciò che va comunque considerato, e come sottolineato dall'ing. Tagliaferri, le principali sfide nel riciclo di materiali barrierati sono connesse alla spappolabilità dei prodotti, dovute a diversi fattori come la resistenza a umido e alla presenza di film barrieranti idrorepellenti. Attualmente, i principali materiali che costituiscono scarto pulper sono ancora PE e PP, mentre l'incidenza di trattamenti innovativi sul totale della carta prodotta non è ancora così rilevante per poter riscontrare specifiche criticità connesse. Qualora il contenuto all'interno del lotto da riciclare di materiali barrieranti diventi più rilevante, potrebbero essere necessari adattamenti degli impianti o delle modalità di processo che, lavorando in continuo, rappresentano una criticità per le cartiere. Volendo citare un esempio abbastanza comunemente implementato, come discusso con Pieroni, un cambio di materiale da polimero tradizionale ad uno di origine biobased come il PLA può comportare una maggiore frammentazione del film polimerico in fase di spappolamento perché il secondo è generalmente più rigido e fragile; la dimensione delle particelle è variabile e talvolta sufficientemente piccola da passare la vagliatura dello scarto grossolano. In aggiunta, considerando le più recenti innovazioni in ambito tecnologico, ci ricorda l'Ing. Buchignani, i rivestimenti più ingegnerizzati si sono spostati a spessori sempre più ridotti, arrivando all'ordine delle decine e centinaia di nanometri che richiedono opportune lavorazioni del substrato per poter recepire il rivestimento. Anche in questo caso se ne influenza il comportamento a riciclo, che spiega i recenti sforzi volti ad adattare le metodologie di valutazione del comportamento in fase di riciclo.

Il settore sta affrontando la tematica mediante specifici studi. In particolare, Aticelca ha avviato a fine 2024 un nuovo progetto di ricerca relativo

alla misurazione della riciclabilità di carte metallizzate o con coating colorati. Il progetto fa seguito al primo, lanciato nel 2023 con il supporto tecnico di Innovhub e Lucense, cui hanno partecipato 14 aziende. L'interesse per le metallizzazioni rientra nella potenziale generazione di *speckles* – particelle riflettenti che impattano negativamente l'omogeneità ottica della MPS – nella materia prima seconda (MPS) (si veda il paragrafo *Verso il monomateriale* contenuto in 2.2 Risultati e discussione) nonché nella maggiore difficoltà nel valutare le particelle adesive. In merito a queste ultime, l'Ing. Buchignani segnala come il principale limite rilevato per i rivestimenti è la possibile aggregazione di particelle adesive che incrementa il valore di *macrostickies*.
Come sottolineato dall'Ing. Tagliaferri, alla questione legata a rivestimenti va aggiunta una seconda: in Burgo si è osservato un progressivo peggioramento della qualità nella composizione del materiale da riciclare, dovuto principalmente a limitazioni relative al contenuto di fibra riciclata da impiegare nella produzione di MPS. Infatti, essendo riciclate più volte, le fibre tendono ad accorciarsi, perdendo di caratteristiche meccaniche, andando in contrapposizione con la tendenza del mercato a richiedere materiale riciclato performante. La tendenza è comunque ascrivibile al Sud Europa che, anche per ragioni economiche, usa principalmente fibre riciclate, mentre nel Nord Europa è ancora molto presente l'uso di fibra vergine. —

Verso il monomateriale

All'interno della macroleva si evidenzia come, relativamente ai contenitori per liquidi, ci sia un numero di casi studio in cui è stato rimosso lo strato di alluminio all'interno del semilavorato/packaging. Storicamente composti da strati poliolefinici e di alluminio al fine di garantire ottime proprietà barriera a liquidi, UV, gas, aroma e asetticità, i materiali non cellulosici compongono generalmente meno del 30% in

peso del substrato rivestito. La tendenza a rimuovere lo strato in alluminio è dovuta a molteplici motivi, tra i quali viene riportata la potenziale generazione di *speckles*, così come una maggiore eterogeneità dello scarto di pulper. Nel caso di scarto pulper di contenitori per liquidi, si sono osservati negli anni più tentativi di recupero e casi studio di riuso che – data la natura dei prodotti realizzati – non sono rientrati nell'attuale mappatura. I casi investigati dimostrano come sia possibile escludere la presenza di alluminio dall'imballaggio mantenendo l'asetticità dell'ambiente di contenimento. Da valutare se l'essersi lasciati alle spalle l'alluminio comporti un effettivo vantaggio a tutto tondo sul ciclo vita del prodotto, migliorando la fase di riciclo senza impattare negativamente l'impronta ambientale dell'imballaggio/semilavorato[11].

Gli sforzi delle aziende operanti nell'ambito sono atti a ridurre il quantitativo di materiale polimerico, riportando in qualche caso un contenuto non cellulosico di circa il 15 %, circa la metà di quello convenzionalmente impiegato nei contenitori per liquidi. Se da un lato il mondo dell'imballaggio a prevalenza cellulosica mira al potenziale azzeramento del contenuto non cellulosico, è bene evidenziare che almeno una azienda produttrice di imballaggio polimerico si sia attivata per rendere sì monomateriale i contenitori per liquidi (struttura: *brick*), ma rendendoli polimerici e non a prevalenza cellulosica.

Inoltre, qualche caso studio finalizzato all'uso di materiali con barriera di derivazione petrolchimica ha aperto al mondo dei prodotti surgelati o da frigo. Consapevoli degli sforzi necessari a garantire le adeguate performance a tutto tondo (barriera, macchinabilità e riciclo, ad esempio), il settore applicativo risulta sempre più di interesse, come dimostrato da altre categorie merceologiche discusse e presentate in altre sezioni di questo documento. Si riporta, a titolo esemplificativo, come le

11 Il riferimento è, potenzialmente, legato all'uso di rivestimenti a maggiore grammatura o, alternativamente, all'uso di altri materiali. Risulta infatti da valutare attraverso opportuni studi di Life Cycle Assessment l'effettivo vantaggio sul ciclo vita rispetto alla configurazione originaria con alluminio.

applicazioni all'interno della catena del freddo siano impattate dall'alta umidità relativa degli ambienti, così come dalla facilità di formazione di condensa sulla superficie esterna dell'imballaggio una volta estratti dall'ambiente a temperatura controllata. La condensa rappresenta un potenziale rischio per l'integrità strutturale dell'imballaggio se non opportunamente considerata in fase progettuale.

Molte delle soluzioni appartenenti a questa macroleva sono imballaggi flessibili identificabili come incarti, sia per snack o cioccolato, sia per gelati. Si riporta come sia capitato di osservare casi studio specificatamente comunicati come contenenti <5 % in peso di coating, pertanto identificabili come monomateriali. Restano da capire le effettive proprietà barriera, specie considerando la ridotta grammatura del substrato di base, il quale limita il ventaglio delle potenziali tecnologie di rivestimento utilizzabili.

Addio al petrolchimico

Rivestimento da biomassa

I rivestimenti da biomassa sono tipicamente inclini ad applicazioni nel settore alimentare. La tendenza è relativa allo sviluppo di prodotti che possano valorizzare scarti o, ancora, che rientrino nel paradigma del *plastic-free*, specie per quanto concerne la potenziale generazione di microplastiche. A questa tendenza si stanno aprendo sempre più aziende; tra queste se ne possono identificare alcune che hanno rivoluzionato almeno parzialmente il proprio portfolio prodotti, introducendo soluzioni innovative. Nel caso di Lamberti, come evidenziato nell'intervista con il Dott. Poyre e il Dott. Ubbiali, sono state nel tempo esplorate vie alternative per i rivestimenti barriera per carta a partire da svariati sistemi e diversi polimeri biodegradabili o parzialmente biodegradabili. Il miglior risultato è stato raggiunto con Esacote BIO BC 100, nel quale si valorizza la biomassa di scarto di altre filiere produttive ottenendo un coating biodegradabile, ottenuto da fonti rinnovabili e in grado di fornire barriera ad acqua, olii e grassi e vapore acqueo. In particolare, il Dott. Poyre e il

Dott. Ubbiali evidenziano come il prodotto sia costituito da una dispersione di macromolecole – estratte e opportunamente processate per renderle filmogene – a partire da buccia di pomodoro, che rappresenta una materia prima abbondante specialmente in Italia. Gli intervistati sottolineano, giustamente, come un uso di materia prima organica debba essere sempre giustificato dalla non concorrenza con la catena alimentare umana. La cutina in quanto tale è presente anche in altri frutti, non solo nella buccia di pomodoro, che la rende atta ad ampliare la platea di fonti utilizzabili. Il principale limite attuale, come per molte soluzioni innovative, è rappresentato da una filiera di approvvigionamento in fase di crescita che deve adeguatamente dimensionarsi per sostenere le richieste del mercato.

In aggiunta ai rivestimenti barriera da biomassa, osserviamo e riportiamo una crescita di prodotti classificabili entro i confini dei rivestimenti edibili. Questi sono tipicamente applicati direttamente sul prodotto seguendo una logica di riduzione – o, meglio, eliminazione – del packaging; se questa tendenza sarà vincente o meno lo si scoprirà nel medio-lungo termine, in quanto dovrà superare scogli di accettabilità e adozione da parte dei consumatori, i quali dovranno essere adeguatamente informati e guidati nelle scelte. In maniera affine, durante l'intervista a Lucense e Centro Qualità Carta, la Dott.ssa Tarantino ha riportato come al Centro Qualità Carta stiano osservando un numero rilevante di prodotti il cui substrato è trattato con rivestimenti edibili, direttamente applicati sul substrato in alternativa a barriere di origine fossile o altrimenti biobased, ma non edibili. Questa può rappresentare un interessante compromesso, specie quando combinato con imballaggi con un fine vita diverso dal riciclo in cartiera. Sempre inerente ai rivestimenti da biomassa, il Dott. Giangrandi evidenza come in Lucense e Centro Qualità Carta si siano osservati sempre più trattamenti antimicrobici, aprendo alla tematica dell'imballaggio attivo che agisce e reagisce aumentando la *shelf-life* del contenuto.

Rivestimento minerale/inorganico

Attualmente prodotti da un numero estremamente ridotto di aziende dislocate per l'Europa, i rivestimenti inorganici hanno attratto notevole attenzione in quanto non composti da materiale polimerico. Il concetto alla base del maturato interesse è relativo ad un radicale cambiamento di paradigma, come sottolineato dall'Ing. Luca Panzeri e dalla Dott.ssa Claudia Dilonardo di Qwarzo. Ciò offre una nuova spinta comunicativa per tutto il comparto, in grado di dare visibilità e sostenere gli importanti investimenti nella tecnologia al fine di scalarne la produzione. Come riportato durante l'intervista, la formulazione ad ora messa a punto da Qwarzo permette di migliorare la barriera ad acqua, grassi e vapore acqueo oltre alla resistenza meccanica; il tutto a fronte di una grammatura a secco di circa 3 g/m^2, tra le più ridotte di quelle osservate in questa ricerca.

Riprendendo la tematica della resistenza meccanica a umido del substrato cellulosico, e come discusso con l'Ing. Simoncini e l'Ing. Profaizer, per Ghelfi Ondulati e il settore di riferimento – quello dell'ortofrutta – è essenziale che l'umidità o la condensa non intacchino oltre un certo limite la resistenza meccanica dell'imballaggio, affinché questo possa mantenere le sue funzionalità. All'interno dei processi di ricerca e sviluppo, Ghelfi Ondulati si è imbattuta in rivestimenti innovativi a base minerale, che hanno mostrato un comportamento caratteristico: nonostante non forniscano una barriera assoluta all'acqua, permettono un importante mantenimento di proprietà meccaniche in ambiente umido. La differenza, riportano, è sostanziale rispetto ai rivestimenti tradizionali testati, i quali soffrono di problemi di resistenza a umido, nonostante gli ottimi risultati del Cobb test *(BS EN ISO 535:2014. Paper and Board. Determination of Water Absorptiveness. Cobb Method, 2014; Water Absorptiveness of Sized (Non-Bibulous) Paper, Paperboard, and Corrugated Fiberboard (Cobb Test), TAPPI/ANSI T 441 Om-20*, 2020).

Rivestimenti a base di silice sono sotto i riflettori anche delle cartiere, come riporta l'Ing. Tagliaferri. Infatti, nel caso di Burgo si sta cercando di integrare nel processo produttivo di cartiera nuove tecno-

logie come dispersioni polimeriche, laminazione di biopolimeri o, appunto, rivestimenti di natura inorganica. Durante l'intervista a Burgo si è evidenziato come l'"inerzia tecnologica" di un impianto di cartiera sia estremamente importante, e adattare gli impianti o innovarli richieda risorse significative. Motivo per cui, riporta sempre l'Ing. Tagliaferri, al presente si valuta la collaborazione con i trasformatori per soluzioni a base di silice in quanto la loro applicazione risulta incompatibili con il processo cartario.

Essendo il rivestimento di natura minerale, Qwarzo è caratterizzato sia da una elevata rigidezza, ma anche da una importante fragilità. A parità di materiale, ridotte grammature – e, quindi, spessori del rivestimento – rendono relativamente più flessibile il substrato rivestito. Ciò significa che, attualmente, il materiale vede qualche criticità per la produzione di imballaggi con pieghe o che subiscono importanti deformazioni in fase di processo, come ad esempio le vaschette ottenute per press-forming.

Se da un lato i catalizzatori a favore della crescita di soluzioni come quelle di Qwarzo possono essere ritrovati – riportano l'Ing. Panzeri e la Dott.ssa Dilonardo – nell'opinione pubblica e soprattutto nel panorama regolatorio (si veda la Single Use Plastics Directive (*Directive (EU) 2019/904*, 2019), il Packaging and Packaging Waste Regulation, o la Plastic Tax adottata da alcuni Stati membri della Comunità Europea), c'è ancora da definire per inquadrare opportunamente i rivestimenti minerali/inorganici. Certo è che, data la ridotta quantità del materiale non cellulosico applicato, soluzioni simili risultano particolarmente favorevoli a tematiche affini al raggiungimento di substrati barrieranti con contenuto non cellulosico inferiore al 5% del peso complessivo dell'imballaggio. Questo risulta particolarmente vantaggioso per imballaggi flessibili come ad esempio buste, sacchi, sacchetti ed incarti.

Da quanto discusso nelle rispettive interviste con Lamberti e Qwarzo sembra emergere come le chiavi vincenti per lo sviluppo di un nuovo prodotto funzionale, sia esso derivato da biomassa o da materie prime inorganiche, siano le seguenti:

- Trovare una materia prima che sia abbondante e che non competa con la filiera alimentare umana
- Ottenere adeguate prestazioni in termini barriera, essendo consapevoli di pregi (es. biodegradabilità, assenza di polimeri di derivazione fossile) e potenziali limitazioni (es. fragilità, appiccicosità) derivanti dalla natura del materiale stesso
- Saper comunicare adeguatamente la soluzione sviluppata ai propri clienti, fornendo dati a supporto delle proprie argomentazioni contro possibili scetticismi
- Identificare una opportuna filiera di approvvigionamento che sostenga la crescita e lo *scale-up* dei processi e volumi produttivi
- Continuare a migliorare il prodotto adattandolo a diverse tecnologie di rivestimento per andare incontro ai clienti e favorire, potenzialmente, un maggiore bacino di utenza del prodotto (a tal proposito, si veda il box tematico *Una questione tecnologica*)

Cellulosa funzionalizzante

È noto che la cellulosa, se opportunamente processata, sia in grado di poter fornire proprietà molto interessanti all'imballaggio, specie in termini di barriera all'ossigeno (Leite et al., 2024; Pasquier et al., 2022; Roilo et al., 2018). Se ne era già parlato nella precedente pubblicazione, grazie ai contributi del Prof. Carlo Punta del Politecnico di Milano, del Dott. Graziano Elegir (Innovhub Stazioni Sperimentali per l'Industria), e di Mare S.p.A.. Sul mercato esistono numerosi attori che si occupano della produzione, ad esempio, di cellulosa microfibrillata. Queste aziende hanno dimensione, ma anche geolocalizzazione notevolmente variabile. Come per altri materiali, soluzioni e tecnologie, il campo della cellulosa microfibrillata è fortemente improntato al deposito di brevetti per proteggere il *know-how*. In questa analisi, sono stati riscontrati più casi studio che esplicitavano la presenza di cellulosa microfibrillata come additivo per il miglioramento delle proprietà barriera. Ciò non significa che prima non fosse usata, ma che oggigiorno sembra essere più

comune la comunicazione sui canali accessibili anche dai consumatori. In particolare, tutti i casi studio evidenziano le potenzialità offerte nella barriera all'ossigeno, che rappresenta oggigiorno quella più difficile da garantire quando si parla di rivestimenti ad esempio polimerici. In un caso specifico viene riportato come si sia ottenuto un OTR <0.2 $cm^3/(m^2 \cdot d)$ secondo test standardizzati, rendendolo paragonabile a materiali polimerici estremamente performanti, es. alcol etilene-vinilico (EVOH). In un caso analogo viene attuato un processo di *grafting* di acidi grassi alla fibra; viene riportato come il quantitativo di materiale funzionalizzante aggiunto al substrato parta dall'ordine di quale milligrammo per metro quadro a secco, potenzialmente in grado di raggiungere alta barriera ad ossigeno (fino a <1 $g/(m^2 \cdot d)$), vapore (fino a <5 $g/(m^2 \cdot d)$ in condizioni standard). Generalmente, questi prodotti mostrano anche un'ottima barriera al grasso, ottenendo i valori più alti di KIT test.

Interessante rilevare come almeno un caso abbia affrontato tematiche affini alla materia prima in ingresso al processo produttivo. Se generalmente si impiega materia prima vergine, nel caso specifico cui si fa riferimento, la materia prima dalla quale si ottiene cellulosa microfibrillata è uno scarto della filiera alimentare; più in particolare, si usano scarti produttivi di vegetali a radici commestibili. Dal punto di vista di minimizzazione dei residui di produzione, ciò rappresenta sicuramente un vantaggio volto ad ottimizzare il valore della materia prima, come nel caso già descritto di Lamberti.

La barriera non è sempre data da, es., fibrillazione, in quanto si può ottenere anche mediante il processo di produzione di carta pergamena (*parchment paper*). Questo è un processo chimico che porta alla gelificazione – il grado dipende dai parametri di processo – della cellulosa, formando interconnessioni tra le fibre e quindi un substrato caratterizzato dalla minima porosità. Ed è proprio la ridotta presenza di pori che svolge un ruolo pari a quello di un rivestimento e incrementa le prestazioni barriera.

Alta barriera e rischio *over-barrier*

Molta ricerca e sviluppo si sta concentrando sullo sviluppo di soluzioni con elevata barriera ad ossigeno per far fronte alle attuali limitazioni prestazionali di substrati cellulosici rivestiti. Dai casi studio analizzati, questa barriera viene ricercata con l'uso, come già presentato, di cellulosa micro- o nano-fibrillata, rivestimenti minerali, o anche mediante l'additivazione di cariche minerali a dimensione estremamente ridotta, finanche nanometrica.

Le proprietà ottenute sono in taluni casi molto interessanti, ma la tematica di rilievo emersa durante l'intervista a Ghelfi Ondulati S.p.A., è quella del potenziale *over-barrier*. La questione ruota attorno alle specifiche necessarie per il determinato bene da imballare e conservare: quale è il minimo da garantire per una conservazione coerente con la *shelf-life*, senza scaturire nell'uso di più materiale non cellulosico del dovuto? Questo perché, da un lato, si dovrebbe massimizzare il contenuto di fibra mentre, dall'altro, il rischio riguarda un maggiore impatto economico giustificato dal maggiore consumo di materiale funzionalizzante rispetto al necessario per il bene da conservare.

Conseguentemente, la tematica trasla sui fattori di sicurezza prestazionale attualmente utilizzati dai converter nella selezione dei materiali forniti ai clienti. Infatti, è talvolta poco chiaro a chi deve selezionare un materiale quali siano le effettive performance che garantiscano la conservazione di prodotti deperibili. Questo crea un disallineamento per il quale il processo di selezione si basa sulle proprietà di quello usato storicamente, che magari risulta eccessivamente barrierante rispetto allo stretto indispensabile. A cascata, può risultare più difficile – per un converter o sviluppatore di prodotti per rivestimento – proporre l'adozione di nuovi materiali o, come già detto, l'ottimale gestione del contenuto non cellulosico del materiale. —

Macchinabilità

Si riporta come le innovazioni relative alla macchinabilità siano numerose e oggetto di importanti sforzi da parte delle aziende. Questo porta ad una copiosa immissione sul mercato di nuovi prodotti a prevalenza cellulosica che ampliano le soluzioni a disposizione delle realtà che necessitano di imballare i propri prodotti.

Relativamente alla tecnologia del *wet* e *dry fibre moulding*, è possibile constatare una maggiore complessità delle forme ottenibili, che, come già ampiamente riportato, permettono a nuovi prodotti di permeare il mercato. È questo il caso, a titolo di esempio, degli sforzi effettuati da SACMI verso i prodotti realizzabili con *dry fibre moulding*. Come riportato da Pucci durante la relativa intervista, la tecnologia è considerabile – a livello di applicazioni industriali – agli albori. Tra i vantaggi della tecnologia – riporta Pucci – è possibile identificare un tempo ciclo di pochi secondi, un ridotto consumo di energia ed acqua rispetto alla tecnologia ad umido, ma anche la minimizzazione degli scarti in fase produttiva; la tecnologia richiede una componente di pressione e temperatura importanti, che permettono, però, di ottenere delle finiture di qualità molto interessante. Di contro, la formatura a secco delle fibre trova l'ottimale per articoli di ridotta dimensione e di notevole complessità.

Innovazioni nella macchinabilità stanno avanzando velocemente: ciò permette di ottenere nuove forme (grazie al *dry* e *wet moulding*) ed elevata sicurezza (*heat sealability* senza colle sintetiche) con materiale cellulosico.

Di *wet moulding* se ne è parlato in maniera importante anche qualche anno addietro con l'uscita dei primi prototipi di bottiglia per bevande ed alcolici ad opera di un numero ristretto di aziende. Tipicamente realizzate applicando all'interno un rivestimento – o ancora mediante un sistema simile a quello del *bag-in-box* – i più recenti avvenimenti indicano che almeno una bottiglia che include anche il tappo a prevalenza cellulosica è pronta ad essere immessa sul mercato, facendo un passo oltre ai più comuni test pilota. Pucci ha evidenziato come per il tappo,

struttura di imballaggio inclusa rispetto alla precedente pubblicazione, risulti tutt'ora critica la gestione della resistenza del coating a sforzi e usura derivanti da distribuzione, manipolazione nel processo e avvitamento/svitamento, specie quando associato ad applicazioni in cui sono richieste specifiche proprietà barriera come, ad esempio, ad acqua e gas. La barriera, in ottica di imballaggio integralmente cellulosico, può essere ricercata nella cellulosa microfibrillata e nanocellulosa per dare barriera ad ossigeno, ma anche attraverso la gestione della chimica di processo impiegando, ad esempio, sostanze note in letteratura e/o disponibili commercialmente come gli alchilchetene dimeri per la resistenza all'acqua. In alternativa, si possono comunque approfondire per prodotti tridimensionali più complessi strade relative all'uso di sottili film polimerici.

Una questione tecnologica

Il processo di sviluppo di un prodotto innovativo è normalmente un processo non lineare, in cui si adattano parametri e processi in maniera iterativa cercando di raggiungere dapprima le performance desiderate e, poi, una ottimizzazione produttiva e di costo, specie in ottica di scalabilità industriale. Infatti, come riportato dall'Ing. Buchignani, se sul lato barriera si osservano crescenti miglioramenti – nonostante le già accettabili proprietà raggiunte – il lato economico e di macchinabilità risulta tutt'oggi la principale limitazione che rende poco attraenti e poco presenti nel mercato gran parte delle soluzioni innovative.

Generalmente, e nel caso specifico di un rivestimento, lo sviluppo implica l'analisi di un ampio bacino di proprietà, tra le quali quelle chimico-fisiche, e una serie di vincoli di processo dettati potenzialmente da un bacino limitato di tecnologie a disposizione. Meno il prodotto è convenzionale e più alta è la probabilità che si necessiti di macchinari e tecnologie sviluppati *ad hoc*. Quanto

appena detto è valido per le prime fasi dello sviluppo; successivamente, gli sforzi in ricerca e sviluppo puntano ad allargare le tecnologie di applicazione per soddisfare quanto già presente negli stabilimenti dei convertitori. Infatti, un prodotto adatto a tecnologie e macchinari già installati presso il trasformatore ne aumenta la facilità di penetrazione nel tessuto industriale. Facendo un esempio pratico, in Ghelfi Ondulati si ha a disposizione gruppi di stampa che funzionano principalmente con tecnologia flessografica. Come riportato dall'Ing. Simoncini e dall'Ing. Profaizer, questa tecnologia è la più diffusa nelle realtà simili a quella di Ghelfi Ondulati, sebbene non si presti bene alla deposizione di rivestimenti polimerici su substrati cellulosici quanto rotocalco e semiflessografia. Ciononostante, e al fine di ottimizzare gli investimenti, è più comune che il trasformatore richieda al formulatore di poter intraprendere un processo collaborativo atto a adeguare la chimica del rivestimento alle tecnologie in essere piuttosto che investire integralmente in una nuova linea produttiva adatta al rivestimento.

Discorso diverso è, invece, per chi sviluppa prodotti ancora non visti sul mercato e fa del proprio business anche l'implementazione e la vendita della tecnologia attorno al prodotto. Nel caso di SACMI per il *dry fibre moulding*, gli sforzi di ricerca e sviluppo integrano *know-how* sia sul materiale che sul processo, riuscendo a proporre al cliente un pacchetto completo di una linea produttiva; ciò implica importanti investimenti, che danno spazio ad una più fervida attività brevettuale. —

Fibre alternative

Bambù, bagassa, canapa, foglie di palma e scarti della filiera agrifood sono alcuni dei casi studio mappati che contengono almeno in parte fibre alternative. L'origine delle fibre alternative, per come riscontrate in questa ricerca, sono riportate in Figura 13. Le fibre possono essere usate in sostituzione di quelle di conifera o latifoglia, oppure inserite nell'impasto per valorizzare la finitura estetica del substrato. Come ri-

portato nell'intervista con l'Ing. Tagliaferri, è questo il caso di uno dei prodotti a portfolio di Burgo Group, nel quale si utilizza erba micronizzata fino al 40% in peso del totale del substrato.

Figura 13. **Distribuzione delle principali origini di fibre alternative individuate**

La categoria "Agrifood" è ampia e include tutti gli scarti provenienti dalla filiera agroalimentare, da intendersi sia in termini di sottoprodotto nella fase di raccolta della materia prima che di scarto non edibile proveniente dal processo industriale dell'alimento. Abbiamo riscontrato casi studio che utilizzano come materia prima le alghe. Da queste, allargando le maglie della ricerca, appare come si possa estrarre sia un materiale biobased e biodegradabile[12], sia le fibre con le quali arricchire l'impasto fibroso (la cui provenienza è quella tradizionale da alberi a fusto) fornendo una aggiuntiva valenza estetico-espressiva.

12 In generale pubblicizzato come *plastic-free* e processabile mediante tecnologie convenzionalmente associate al mondo plastica. Imballaggi così realizzati si aggiungono alle alternative proposte dal mercato – tra le quali gli imballaggi a prevalenza cellulosica – che mirano ad allontanarsi dai polimeri di derivazione petrolchimica.

È bene sottolineare come, in funzione della finalità con la quale sono impiegate, le fibre alternative possono comportarsi in maniera diversa in fase di riciclo: se in sostituzione di fibre da alberi competono alla generazione di MPS, altrimenti generalmente si comportano come filler. Conseguentemente, risultano in parte inclusi nella MPS e in parte possono terminare nei fanghi di cartiera. L'Ing. Tagliaferri evidenzia, ad ogni modo, come lato cartiera le fibre alternative non costituiscano generalmente un problema nel fine vita, a patto che queste siano di natura cellulosica.

Polimeri e microplastiche: la nuova frontiera per l'imballaggio a prevalenza cellulosica?

Sebbene non siano ancora del tutto chiari gli effetti delle microplastiche e la loro interazione con i sistemi viventi, emerge la necessità di porre maggiore attenzione alla tematica. Per definizione, sono da intendersi microplastiche i frammenti polimerici che hanno una dimensione compresa tra 1 μm e 5 mm (Frias & Nash, 2019).
La produzione di microplastiche avviene mediante differenti processi, generalmente imputabili ad abrasione e frammentazione causata da azione meccanica, o da processi che occorrono naturalmente nell'ambiente, ad esempio fotodegradazione e biodegradazione. Diversi studi hanno riportato come la presenza di microplastiche sia stata ampiamente ritrovata nelle acque (Giannattasio et al., 2024; Özgenç, 2024), nei sedimenti marini (Murphy et al., 2022; Papini et al., 2024), ma anche all'interno di organismi viventi che rientrano nella filiera alimentare (Bakir et al., 2020; Jung et al., 2018).
Perché se ne parla in questo elaborato? Perché, lo abbiamo già visto e ribadito, i substrati cellulosici hanno bisogno di rivestimenti e/o trattamenti che li funzionalizzino e permettano il raggiungimento di migliori proprietà, ad esempio barriera ad acqua, vapore, olii e grassi. Quando si introducono polimeri nella composizione del materiale da imballaggio, i potenziali rischi che incombono sono numerosi. Tra questi nominiamo l'abbandono nell'ambiente o un errato conferimento, seguito dalla de-

gradazione del materiale, ma anche la frammentazione dovuta ad attività antropogeniche.
Qualche recente studio ha confermato la presenza di microplastiche in impianti di riciclo di imballaggi polimerici (Guo et al., 2022); ciononostante, sarebbe inopportuno trascurare o negare a priori il potenziale impatto degli imballaggi a prevalenza cellulosica. Sebbene sia una tematica ancora da approfondire e valutare opportunamente, l'azione meccanica del pulper potrebbe frammentare eventuali rivestimenti fino a delle dimensioni tali da poter eludere i convenzionali sistemi di separazione e filtrazione.
Come già accennato, il contesto nell'accezione più ampia pone sempre più attenzione alla tematica della pervasività delle microplastiche, rendendola oggetto di trattazione anche nelle recenti edizioni del Congresso Aticelca – si veda l'intervento di ECOL Studio nell'edizione del 2023, a titolo di esempio. Risulta particolarmente importante lavorare al fine di minimizzare il contenuto di microplastiche tendenzialmente accumulabili nella MPS o nelle acque reflue, siano esse derivanti da riciclo e produzione di MPS o potenzialmente già presenti nelle acque in ingresso alla cartiera. L'Ing. Tagliaferri riporta come esistano alcuni impianti di cartiera dotati di filtrazione a membrana delle acque reflue, ma i sistemi di trattamento più comuni si limitano a quelli fisico-chimici, di sediflottazione e biologici – questi ultimi per l'abbattimento della domanda biochimica e chimica di ossigeno.
Da una prospettiva ambientale, risulta sicuramente importante accertarsi che l'incidenza delle microplastiche, se non assente, sia sotto controllo. Si rende, ad ogni modo, necessario l'impegno dell'intera filiera per studiare e prevenire la formazione di microplastiche, integrando competenze di chi sviluppa materiali, di chi li applica e, proseguendo tra i vari attori, giungendo a chi riprocessa il materiale. —

Tavolo tecnico – Comieco Factory

Durante un percorso di condivisione sviluppato all'interno della Comieco Factory, si è intrapresa la discussione con gli *stakeholder* a rappresentanza dei vari attori della filiera. Produttori e converter, utilizzatori, formulatori di coating, laboratori di analisi e sviluppatori di macchine e tecnologie di processo contribuiscono attivamente alla discussione, fornendo le proprie prospettive, aspettative e criticità in merito ad alcune leve identificate dalla ricerca di mercato. Le principali considerazioni emerse sono riportate di seguito e affrontate nel prosieguo del documento.

Si osserva una forte tendenza alla sostituzione dell'alluminio con altri materiali che forniscano barriera all'ossigeno; tra le varie possibilità si è citata la metallizzazione del substrato. Prodotti e tecnologie innovative devono, di contro, essere accompagnati da una adeguata macchinabilità: capacità produttiva e resistenza del rivestimento a sforzi esterni sono due esempi. Gli attori ne sono consapevoli e sono stati evidenziati sforzi atti a superare le attuali criticità di alcune soluzioni.

Risulta, però, essenziale un approccio "tailor-fit", che non cerchi una massimizzazione incondizionata delle proprietà barriera, ma che le adegui al caso applicativo in funzione del prodotto, della shelf-life richiesta, ecc.

Tra le soluzioni presentate e discusse emergono rivestimenti polimerici estremamente sottili che aprono a considerazioni legate alle microplastiche: sempre più aziende si stanno affacciando alla questione, cercando di capire come si comportano i propri prodotti (si faccia riferimento al box "Polimeri e microplastiche: la nuova frontiera per l'imballaggio a prevalenza cellulosica?" per maggiori informazioni).

I materiali innovativi da fonti biobased o inorganiche si portano talvolta appresso tematiche relative al limitato approvvigionamento delle materie prime, che richiedono adeguata domanda da parte del mercato per giustificare investimenti lato fornitore. —

3

Innovazione e catalizzatori di processi innovativi

3.1 Il concetto di innovazione secondo l'industria

Ringraziando ancora una volta gli intervistati per il tempo dedicato e i preziosi contributi, di seguito riportiamo una possibile sintesi delle risposte ottenute alla domanda: "Cosa significa essere innovativi per la vostra azienda?".

In relazione alle testimonianze degli esperti intervistati, è stato possibile elaborare ed identificare due filoni principali inerenti al concetto di innovazione: uno incrementale ed uno radicale.

Nel paradigma incrementale, l'approccio aziendale prevede uno slancio – e potenziali rischi assunti – complessivamente limitato che permetta di rimanere al passo con le richieste del mercato, sia in termini di politiche sulla sostenibilità che di richieste lato clientela. Ciò può significare l'impegno a rimettersi in gioco in merito a come adattare formulazioni, parametri macchina o caratteristiche del semilavorato/imballaggio affinché si ottimizzino o migliorino caratteristiche dei prodotti, siano esse proprietà barriera, di macchinabilità o contenuto non cellulosico, per nominarne qualcuna. Come si evince anche dalla *desk research* condotta, l'innovazione incrementale può portare ad investimenti legati alla (parziale) riconversione degli impianti, nonché ad investimenti in ricerca e sviluppo; il fattor comune, generalmente, è che non si parte da zero.

Discorso differente riguarda la prospettiva radicale, con la quale l'azienda cerca volontariamente di stravolgere gli elementi tradizionali delle attuali soluzioni sul mercato. Ciò può riguardare la materia prima impiegata, i processi industriali, ma anche la struttura di imballaggio; l'obiettivo è quello certamente quello di distinguersi dai *competitor*, ma si cerca anche di anticipare future tendenze di mercato. In questo caso, le criticità riguardano prevalentemente l'ammontare degli investimenti tipicamente richiesti, ma anche quanto il mercato e gli attori della filiera a valle possano essere pronti e disponibili ad accettare ed integrare soluzioni che rimettono in gioco i canoni convenzionali. Sebbene molto si giochi attorno alla sostenibilità del prodotto, come richiesto dal Regolatore e dai consumatori, spesso risulta impegnativo convincere della valenza e efficienza delle soluzioni radicali sviluppate.

Chiaramente, nella realtà vi sono numerose sfumature del carattere innovativo di un prodotto. Molto dipende dal contesto, dagli specifici interessi degli *stakeholder* coinvolti, ma anche dalle tempistiche e risorse da poter investire.

I principali catalizzatori del grado di innovazione sono sicuramente il più che mai movimentato panorama legislativo – che pone forte enfasi su tematiche di sostenibilità e digitalizzazione – così come gli stimoli che pervengono dai clienti. Le aziende reputano fondamentale il ruolo del Regolatore affinché possa identificare con la corretta terminologia le soluzioni innovative, così da determinarne il perimetro normativo-regolatorio di competenza.

Innovare è un processo non lineare, che talvolta può essere rallentato da procedure atte a definire ruoli e, confini e proprietà dei risultati dei processi collaborativi tra aziende differenti. Ciononostante, è stato possibile percepire come alcune aziende si siano dimostrate favorevoli a concetti di *open innovation*. I rapporti collaborativi devono essere intesi come, e soprattutto, stimoli favorevoli alla condivisione di approcci e conoscenze che possono stimolare opportunità progettuali e conseguenti allocazioni di risorse nella ricerca e sviluppo.

Ai precedenti si aggiunge un ulteriore parametro fondamentale che indirizza il concetto nonché grado di innovazione: quello dell'opinione pubblica. I consumatori stessi sono chiamati in causa ad esprimere le proprie sensibilità e i propri valori durante le scelte di acquisto, che portano ad una necessaria e considerevole influenza relativa alle traiettorie presenti e future del mercato.

È stato anche evidenziato, specialmente per alcune innovazioni radicali, come molto impegno sia necessario nella corretta comunicazione con i clienti, che sono i primi a dover essere convinti ad abbracciare nuove soluzioni. Risulta pertanto fondamentale avere delle solide basi concettuali nello sviluppo di prodotti innovativi, affinché sia chiaro e trasparente quali leve si stanno adottando.

Ultimo fenomeno interessante è da rintracciare nei grandi *brand owner,* i quali fungono da cassa di risonanza con l'adozione di specifiche soluzioni, promuovendo portata e visibilità nella fetta di mercato in cui agiscono.

Conclusioni

- I casi studio innovativi reperiti sono stati categorizzati secondo una delle quattro macroleve presentate (“Verso il monomateriale”, “Addio al petrolchimico”, “Fibre alternative”, “Macchinabilità”). La loro crescita in termini numerici è significativa e rispecchia un maturato interesse a identificare nuovi sbocchi applicativi e a proporre al mercato soluzioni più performanti

- Dal punto di vista normativo e regolatorio, la pubblicazione del PPWR così come l’aggiornamento del Sistema di Valutazione Aticelca promuovono lo sviluppo di nuovi prodotti; d’altro canto, rappresentano la guida che reindirizza gli sforzi delle aziende. Dalla prospettiva industriale, sarà sempre più importante riuscire a cogliere in maniera anticipata gli spunti e i cambiamenti per poter avere vantaggi competitivi. Questo a patto che vi sia sintonia con il progresso regolatorio, affinché le tempistiche dei nuovi dettami siano coerenti con le logiche di investimento aziendali e i relativi tempi di implementazione tecnologica

- Le tendenze prevalenti paiono essere relative alla sgrammatura del rivestimento, così come alla selezione di fonti alternative ai polimeri di derivazione fossile. Grande impegno ed interesse è rivolto allo sviluppo di soluzioni monomateriali, che impieghino cellulosa funzionalizzante

- Si osservano importanti sforzi legati alla macchinabilità dei materiali, in una logica dal molteplice risvolto: in qualche caso si punta ad ottenere nuove strutture, in altri casi a garantire funzionalità equivalenti ma con, esempio, meno polimero; infine, di estrema rilevanza risulta il lato materico, ovvero quello legato allo sviluppo di semilavorati e rivestimenti che possano essere processati su linee di produzione esistenti, minimizzando gli investimenti impiantistici.

- Il concetto di innovazione è variabile e il grado di innovatività dipende drasticamente dal contesto, tra cui opinione pubblica e ambito regolatorio

Riferimenti

4evergreen Alliance. (2025). *Annex Documents PArt I - Recycling Mill with Conventional Process.* https://4evergreenforum.eu/wp-content/uploads/4evergreen-Annexes-PART-I-25.02.pdf

Aticelca. (2019). *Sistema di valutazione 501:2019.* https://aticelca.it/1/wp-content/uploads/2019/08/sistema_di_valutazione_501_2019.pdf

Aticelca 502:2022. (2022). Aticelca 502. Analisi Della Separabilità Manuale Tra Due o Più Costituenti, Di Cui Almeno Uno Cartaceo, Di Un Materiale o Prodotto Ai Fini Della Loro Raccolta Differenziata e Avvio a Riciclo. https://www.aticelca.it/1/riciclabilita-della-carta/separabilita-dei-componenti/

Bakir, A., Desender, M., Wilkinson, T., Van Hoytema, N., Amos, R., Airahui, S., Graham, J., & Maes, T. (2020). Occurrence and abundance of meso and microplastics in sediment, surface waters, and marine biota from the South Pacific region. *Marine Pollution Bulletin, 160,* 111572. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111572

BS EN ISO 535:2014. Paper and board. Determination of water absorptiveness. Cobb method. (2014). BSOL British Standards Online. https://bsol.bsigroup.com/Bibliographic/BibliographicInfoData/000000000030259603

Cepi. (2022). *Harmonised European laboratory test method to generate parameters enabling the assessment of the recyclability of paper and board products in standard paper and board recycling mills.* https://www.cepi.org/cepi-recyclability-test-method-version-2/

Cepi Recyclability Test Method Version 3. (2025). Cepi. https://www.cepi.org/cepi-recyclability-test-method-version-3/

Circular Economy Action Plan. (2015). Closing the Loop - An EU Action Plan for the Circular Economy. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0012.02/DOC_1&format=PDF

Commission Regulation (EC) No 2023/2006. (2006). Commission Regulation (EC) No 2023/2006 of 22 December 2006 on Good Manufacturing Practice for Materials and Articles Intended to Come into Contact with Food. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32006R2023

Commission Regulation (EU) 10/2011. (2011). Commission Regulation (EU) No 10/2011 of 14 January 2011 on Plastic Materials and Articles Intended to Come into Contact with Food. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32011R0010

Commission Regulation (EU) 2023/1442. (2023). Commission Regulation (EU) 2023/1442 of 11 July 2023 Amending Annex I to Regulation (EU) No 10/2011 on Plastic Materials and Articles Intended to Come into Contact with Food, as Regards Changes to Substance Authorisations and Addition of New Substances. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32023R1442

Riferimenti

CONAI: da luglio 2025 variano i contributi ambientali per gli imballaggi in legno, plastica e vetro e per i compositi a base carta. (2024). Conai. https://www.conai.org/notizie/conai-da-luglio-2025-variano-i-contributi-ambientali-per-gli-imballaggi-in-legno-plastica-e-vetro-e-per-i-compositi-a-base-carta/?utm_source=brevo&utm_campaign=Newsletter del 13 dicembre 2024&utm_medium=email

Conai. (2025). *Linee guida operative. Nuove fasce contributive degli imballaggi compositi a base cellulosica da luglio 2025.* https://www.conai.org/wp-content/uploads/2025/04/Line-e-Guida_Nuove-fasce-contributive_Imballaggi-compositi-a-base-cellulosica.pdf

Council Directive 87/357/EEC. (1987). Council Directive 87/357/EEC of 25 June 1987 on the Approximation of the Laws of the Member States Concerning Products Which, Appearing to Be Other than They Are, Endanger the Health or Safety of Consumers.

Directive (EU) 2018/852. (2018). Directive (EU) 2018/852 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 Amending Directive 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32018L0852

Directive (EU) 2019/904. (2019). Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the Reduction of the Impact of Certain Plastic Products on the Environment. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32019L0904

Directive 2001/95/EC. (2001). Directive 2001/95/EC of the European Parliament and of the Council of 3 December 2001 on General Product Safety. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32001L0095

Directive 2006/12/EC. (2006). Directive 2006/12/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on Waste. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/TXT/?uri=CELEX%3A32006L0012

Directive 2008/98/EC. (2008). Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on Waste and Repealing Certain Directives (Text with EEA Relevance). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098

Directive 75/442/EEC. (1975). Council Directive 75/442/EEC of 15 July 1975 on Waste. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=celex:31975L0442

Directive 94/62/EC. (1994). European Parliament and Council Directive 94/62/EC of 20 December 1994 on Packaging and Packaging Waste. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:31994L0062

Food safety – plastic food contact materials (FCMs) (update to quality control rules). (2024). European Commission. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13501-Food-safety-plastic-food-contact-materials-FCMs-update-to-quality-control-rules-_en

Frias, J. P. G. L., & Nash, R. (2019). Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin, 138,* 145–147. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022

Gesumundo, C., Milana, M. R., Mannoni, V., Giamberardini, S., Vanni, F., De Felice, M., Denaro, M., Feliciani, R., Massara, M., & Padula, G. (2023). *Progetto CAST (Contatto Alimentare Sicurezza e Tecnologia). Linee guida per l'applicazione del Regolamento (CE) 2023/2006 alla*

filiera dei materiali e oggetti destinati al contatto con gli alimenti. https://www.csqa.it/getattachment/2067e3a5-fc79-402e-add2-8d291191b6a5/23-4-web.pdf?lang=it-IT

Giannattasio, A., Iuliano, V., Oliva, G., Giaquinto, D., Capacchione, C., Cuomo, M. T., Hasan, S. W., Choo, K.-H., Korshin, G. V., Barceló, D., Belgiorno, V., Grassi, A., Naddeo, V., & Buonerba, A. (2024). Micro(nano)plastics from synthetic oligomers persisting in Mediterranean seawater: Comprehensive NMR analysis, concerns and origins. *Environment International, 190*, 108839. https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108839

Guo, Y., Xia, X., Ruan, J., Wang, Y., Zhang, J., LeBlanc, G. A., & An, L. (2022). Ignored microplastic sources from plastic bottle recycling. *Science of The Total Environment, 838,* 156038. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156038

Industry tools and guidelines. (n.d.). 4evergreen Alliance. Retrieved April 3, 2025, from https://4evergreenforum.eu/about/industry-tools-and-guidelines/

Jung, M. R., Horgen, F. D., Orski, S. V., Rodriguez C., V., Beers, K. L., Balazs, G. H., Jones, T. T., Work, T. M., Brignac, K. C., Royer, S.-J., Hyrenbach, K. D., Jensen, B. A., & Lynch, J. M. (2018). Validation of ATR FT-IR to identify polymers of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms. *Marine Pollution Bulletin, 127,* 704–716. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.061

Leite, L. S. F., Le Gars, M., Azeredo, H. M. C., Moreira, F. K. V., Mattoso, L. H. C., & Bras, J. (2024). Insights into the effect of carboxylated cellulose nanocrystals on mechanical and barrier properties of gelatin films for flexible packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules, 280*, 135726. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.135726

Marinelli, A., Sossini, L., Santi, R., & Del Curto, B. (2022). *Imballaggio cellulosico con proprietà barriera: Stato dell'arte e innovazione dei materiali* (1st Ed.). Edizioni Dativo Srl. https://www.comieco.org/downloads/16177/9158/STAMPATO-Imballaggio cellulosico con proprieta barriera.pdf

Milana, M. R., Denaro, M., Feliciani, R., Gesumundo, C., Maggio, A., Mannoni, V., Panico, O., & Padula, G. (2016). *Linee guida per l'applicazione del Regolamento 2023/2006/CE alla filiera di produzione di vernici, adesivi e inchiostri da stampa per materiali a contatto con alimenti.* https://www.iss.it/documents/20126/45616/16_42_web.pdf/6d16618f-ccf0-401b-f664-36945f025e00?t=1581099241481

Milana, M. R., Denaro, M., Feliciani, R., Maggio, A., & Maini, A. (2009). *Progetto CAST (Contatto Alimentare Sicurezza e Tecnologia). Linee guida per l'applicazione del Regolamento 2023/2006/CE alla filiera di produzione dei materiali e oggetti destinati a venire in contatto con gli alimenti.* https://www.iss.it/documents/20126/45616/09_33_web.pdf/2fe39980-3362-181a-acf2-d87fcdbebb13?t=1581098604203

Murphy, L., Germaine, K., Kakouli-Duarte, T., & Cleary, J. (2022). Assessment of microplastics in Irish river sediment. *Heliyon, 8*(7), e09853. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09853

Özgenç, E. (2024). Advanced analytical techniques for assessing and detecting microplastic pollution in water and wastewater systems. *Environmental Quality Management, 34*(1). https://doi.org/10.1002/tqem.22217

Riferimenti

Packaging and Packaging Waste. (2024). European Parliament Legislative Resolution of 24 April 2024 on the Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on Packaging and Packaging Waste, Amending Regulation (EU) 2019/1020 and Directive (EU) 2019/904, and Repealing Dire. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2024-0318_EN.html

Papini, G., Petrella, G., Cicero, D. O., Boglione, C., & Rakaj, A. (2024). Identification and quantification of polystyrene microplastics in marine sediments facing a river mouth through NMR spectroscopy. *Marine Pollution Bulletin, 198*, 115784. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115784

Pasquier, E., Mattos, B. D., Koivula, H., Khakalo, A., Belgacem, M. N., Rojas, O. J., & Bras, J. (2022). Multilayers of Renewable Nanostructured Materials with High Oxygen and Water Vapor Barriers for Food Packaging. *ACS Applied Materials & Interfaces, 14*(26), 30236–30245. https://doi.org/10.1021/acsami.2c07579

Regulation (EU) 2019/1020 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 on market surveillance and compliance of products and amending Directive 2004/42/EC and Regulations (EC) No 765/2008 and (EU) No 305/2011 (Text with EEA relevance.). (2019). European Parliament. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/1020/oj

Regulation (EU) 2023/988. (2023). Regulation (EU) 2023/988 of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 on General Product Safety, Amending Regulation (EU) No 1025/2012 of the European Parliament and of the Council and Directive (EU) 2020/1828 of the European Parliament An. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/988/oj

Regulation (EU) 2025/40 of the European Parliament and of the Council of 19 December 2024 on packaging and packaging waste, amending Regulation (EU) 2019/1020 and Directive (EU) 2019/904, and repealing Directive 94/62/EC. (2025). European Parliament and Council. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2025/40/oj/eng

Rettifica alla posizione del Parlamento europeo definita in prima lettura il 24 aprile 2024 in vista dell'adozione del regolamento (UE) 2024/... del Parlamento europeo e del Consiglio sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio, che modifica il regolament. (2024). European Parliament. https://www.europarl.europa.eu/plenary/de/infos-details.html?id=1439&type=priorityInfo

Roilo, D., Maestri, C. A., Scarpa, M., Bettotti, P., & Checchetto, R. (2018). Gas barrier and optical properties of cellulose nanofiber coatings with dispersed TiO2 nanoparticles. *Surface and Coatings Technology, 343*, 131–137. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.10.015

UNI 11743:2019. (2019). UNI 11743:2019 Carta e Cartone - Determinazione Dei Parametri Di Riciclabilità Di Materiali e Prodotti a Prevalenza Cellulosica. https://store.uni.com/uni-11743-2019

Water absorptiveness of sized (non-bibulous) paper, paperboard, and corrugated fiberboard (Cobb test), TAPPI/ANSI T 441 om-20. (2020). TAPPI. https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/01/T/0104T441.aspx

Lista delle abbreviazioni

BPA	Bisfenolo A
BPS	Bisfenolo S
CAC	Contributo Ambientale Conai
EFSA	Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare
EPR	*Extended Producer Responsibility* Responsabilità Estesa dei Produttori
EVOH	Alcol etilene-vinilico
GPSR	*General Product Safety Regulation*
MOCA	Materiali e Oggetti a Contatto con gli Alimenti
MPS	Materia Prima Seconda
PE	Polietilene
PFAS	*PerFluorinated Alkylated Substances* Sostanze alchiliche perfluorurate e polifluorurate
PP	Polipropilene
PPWR	*Packaging and Packaging Waste Regulation* Regolamento sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio
SVHC	*Substances of Very High Concern* Sostanze di elevate preoccupazione

Ringraziamenti

Si vogliono ringraziare tutte le persone che hanno contribuito alla creazione di questa ricerca, primo tra tutti il gruppo di Comieco composto da Lorenzo Bono, Federica Brumen, Barbara Bonori ed Eugenio Di Pasquale. Un ringraziamento speciale ai professionisti che hanno fornito, attraverso le interviste, preziose informazioni che hanno permesso il delineamento di un quadro più chiaro in merito alle innovazioni che stanno prendendo sempre più piede sul mercato:

- Ing. Giuseppe Tagliaferri, ricercatore senior di Burgo Group S.p.A.
- Ing. Luca Simoncini, innovation manager, e Ing. Mauro Profaizer, R&D Engineer di Ghelfi Ondulati S.p.A.
- Marco Ubbiali, product manager per il coating barriera su carta, e Maurizio Poyre, global business development manager presso Lamberti S.p.A.
- Dott. Simone Giangrandi, responsabile dell'unità Ricerca e Innovazione di Lucense SCaRL
- Ing. Marco Buchignani, responsabile sviluppo tecnico del Centro Qualità Carta, Stefano Pieroni, tecnico di laboratorio del Centro Qualità Carta, Dott.ssa Rita Tarantino, tecnico di laboratorio del Centro Qualità Carta
- Ing. Luca Panzeri, fondatore e direttore tecnico, Dott.ssa Claudia Dilonardo, Brand Manager di Qwarzo S.p.A.
- Fabrizio Pucci, direttore ricerca e sviluppo e sviluppo prodotti rigid packaging technology di SACMI Imola S.C.