

## ARTICLE INFO

Received	12 March 2026
Revised	15 April 2026
Accepted	17 April 2026
Published	30 June 2026

## INNOVAZIONE DIGITALE E CIRCOLARITÀ NEL SETTORE LEGNO-ARREDO

Strategie sostenibili per il Made in Italy

## DIGITAL INNOVATION AND CIRCULARITY IN THE WOOD-FURNITURE SECTOR

Sustainable strategies for Made in Italy

Lucia Pietroni, Daniele Galloppo, Vittorio Giannetti,  
Caterina Di Flamminio

## ABSTRACT

Il settore legno-arredo del Made in Italy, storicamente ancorato ai distretti industriali locali e alla manifattura artigiana, è attualmente coinvolto nella duplice transizione digitale ed ecologica. Ciò sta determinando un riassetto della sua identità culturale e produttiva al fine di trasformare l'attuale modello economico da lineare a circolare. Attraverso l'analisi di casi studio di aziende e prodotti il paper sottolinea come l'intersezione di questi due driver di innovazione, digitale ed ecologico, possa svolgere un importante ruolo nell'accelerare il cambiamento delle realtà produttive verso la circolarità e la sostenibilità, incrementando la loro capacità di generare valore e competitività.

The Made in Italy wood-furniture sector, historically rooted in local industrial districts and artisanal manufacturing, is currently undergoing a dual digital and ecological transition. This transformation is reshaping its cultural and productive identity, aiming to shift the current economic model from a linear to a circular one. Through the analysis of case studies involving companies and products, the paper highlights how the intersection of these two innovation drivers – digital and ecological – can play a significant role in accelerating the transition of production systems toward circularity and sustainability, while enhancing their capacity to generate value and competitiveness.

## KEYWORDS

transizione ecologica e digitale, economia circolare, digitalizzazione della filiera, settore legno-arredo, made in Italy

ecological and digital transition, circular economy, supply chain digitalisation, wood-furniture sector, made in Italy

**Lucia Pietroni**, Full Professor of Industrial Design at the SAAD, University of Camerino (Italy), and Director of the Master's programme in Eco-design & Eco-innovation, has been the President of EcodesignLab Srl, a spin-off of UniCam, since 2013. Her research focuses on sustainable and bio-inspired design, design for safety, and design-driven innovation processes. E-mail: lucia.pietroni@unicam.it

**Daniele Galloppo**, Researcher at the SAAD, University of Camerino (Italy), conducts research primarily in the field of design for environmental sustainability, with particular attention to the contribution of innovative materials and production processes to the evolution of industrial products, as well as Design for Safety. Since 2013, he has been a founding partner of EcodesignLab Srl. E-mail: daniele.galloppo@unicam.it

**Vittorio Giannetti**, Designer and PhD Candidate in Design for Made in Italy at the 'Luigi Vanvitelli' University of Campania (Italy), explores themes of environmental sustainability and the circular economy, with particular attention to product life-cycle assessment, digital innovation, and Design for Safety. E-mail: vittorio.giannetti@unicampania.it

**Caterina Di Flamminio**, Designer and PhD Candidate in Design for Made in Italy at the 'Luigi Vanvitelli' University of Campania (Italy), focuses her research on environmental sustainability and circular economy driven by digital innovation. E-mail: caterina.diflamminio@unicampania.it



La doppia transizione, digitale ed ecologica, nel settore del legno-arredo del Made in Italy non si limita a un semplice aggiornamento tecnico dei processi, ma riguarda un mutamento radicale che incide profondamente sui modelli produttivi, sulle culture aziendali e sulle forme di competitività maturate nel tempo. In questo scenario di cambiamento culturale del sistema manifatturiero del nostro Paese l'intersezione tra tecnologie digitali e pratiche di ecodesign può ridefinire prodotti e modelli aziendali nel mercato di riferimento (Fig. 1), agendo come leva strategica in grado di guidare la trasformazione industriale, anche attraverso processi di 'innovazione aperta', collaborando e condividendo conoscenze con attori esterni alle imprese (Kraus et alii, 2021; Robertsons and Lapina, 2023).

Rispetto al nuovo paradigma tecnologico-ambientale emergente la letteratura più recente evidenzia alcune discussioni ancora aperte: da un lato la doppia transizione è riconosciuta come un 'vettore prioritario' per orientare sistemi produttivi, filiere e prodotti verso configurazioni più circolari e sostenibili (Antikainen, Uusitalo and Kivikytö-Reponen, 2018; Barbero and Ferrulli, 2023), in particolare un approccio tecnico attribuisce agli strumenti digitali la capacità di superare direttamente limiti e barriere (Pagoropoulos, Pigosso and McAloone, 2017), dall'altro lato una prospettiva critica evidenzia come essa possa accentuare il divario tra grandi imprese e piccole e medie imprese (PMI), generando per queste ultime un aggravio economico e organizzativo non sempre accompagnato da un'effettiva ottimizzazione dei processi.

Nel comparto legno-arredo del Made in Italy, fortemente radicato nei distretti industriali e sostenuto da un Patrimonio di 'saperi produttivi' (Becattini, 1998; Bettiol and Micelli, 2005) tale integrazione assume un ruolo strategico per rafforzare competitività, innovazione e identità territoriale e nazionale. Tuttavia se da un lato la transizione ecologica richiede alle PMI un cambiamento lungo e complesso per il superamento del 'paradigma lineare' (Fig. 2; EMF, 2013; Charter, 2018; Yang and Vezzoli, 2024), dall'altro la transizione digitale e i nuovi strumenti operativi rappresentano una concreta opportunità per semplificare questo passaggio verso la doppia transizione.

Rispetto alla criticità di trasferimento dei dati tra i diversi attori della filiera produttiva, dovuto principalmente a una catena eterogenea e frammentata, i sistemi IoT e la Blockchain possono rafforzare la trasparenza delle informazioni, mentre il gemello digitale e gli strumenti di Life Cycle Assessment consentono di misurare gli impatti ambientali dei prodotti e dei processi (Pagoropoulos, Pigosso and McAloone, 2017; Vezzoli, 2017; Antikainen, Uusitalo and Kivikytö-Reponen, 2018; Bajardelli and Bolognini Cobianchi, 2024).

Nonostante la disponibilità e l'offerta di questi sistemi 'intelligenti' l'allineamento tra obiettivi di circolarità e digitalizzazione nelle PMI non è immediato, ma è subordinato alla disponibilità di risorse finanziarie, alle capacità organizzative e al livello di fattibilità operativa (Ben Youssef, 2025; Hein, Münter and Zimmermann, 2026). A incentivare ulteriormente le imprese verso la costruzione di una filiera più sostenibile e circolare, anche attraverso l'implementazione di soluzioni di tracciabilità dei dati lungo l'intero ciclo vita dei prodotti, contribuiscono i requisiti ambientali esplicitati dal Regolamento europeo sull'Ecodesign per i Prodotti Sostenibili (ESPR;

European Union, 2024). Questa normativa rappresenta un quadro di riferimento destinato a incidere progressivamente sulle modalità di progettazione, gestione e comunicazione delle informazioni sui prodotti, introducendo il Passaporto Digitale di Prodotto (DPP), un nuovo strumento operativo per le aziende che rafforza la centralità dei dati come 'infrastruttura abilitante' per una corretta gestione e informazione delle risorse lungo tutta la filiera e nel ciclo vita dei prodotti.

In questa prospettiva il contributo intende dimostrare che nel settore legno-arredo del Made in Italy, la doppia transizione genera effetti significativi solo quando l'innovazione digitale è fortemente integrata con le strategie di ecodesign e supportata dalla capacità organizzativa e dalla qualità delle relazioni tra le diverse imprese della filiera.

In relazione allo scenario individuato l'articolo affronta quindi la tematica attraverso due sezioni: la prima delinea lo stato dell'arte del settore in esame, definendo la cornice interpretativa, gli assetti distrettuali, l'analisi delle criticità ambientali del comparto e le principali coordinate della transizione digitale ed ecologica, con attenzione alle relative implicazioni e ai possibili limiti e barriere; la seconda presenta un'analisi critica di quattro casi studio di aziende italiane del legno-arredo, esempi rilevanti nell'adozione di strategie integrate per la doppia transizione, sia su un livello macro, riferito all'impresa e alla filiera, sia su un livello micro, relativo allo sviluppo di prodotti circolari.

L'obiettivo è restituire una sintesi delle evidenze ricorrenti relative a benefici ambientali ed economici, tecnologie digitali abilitanti e strategie di ecodesign adottate, che caratterizzano la transizione ecologica e digitale di questo specifico comparto. I risultati di questa sintesi saranno utili a descrivere il livello di transizione in corso del settore individuato, ma soprattutto a colmare una lacuna rilevante nello stato dell'arte: la carenza di studi che analizzano la doppia transizione all'interno di filiere distrettuali frammentate e composte prevalentemente da PMI, come quella del legno-arredo italiano.

Tale prospettiva consente di mettere in luce condizioni, barriere e potenzialità che difficilmente emergono negli studi più generici sulla digitalizzazione e sulla circolarità. Inoltre il focus sul Made in Italy consente di evidenziare come la doppia transizione si confronti con modelli produttivi identitari basati sul 'saper fare' e sul radicamento territoriale, offrendo quindi alla comunità scientifica internazionale un contributo originale per comprendere come innovazione digitale ed ecodesign si adattino a contesti manifatturieri ad alta intensità artigianale.

### Il settore legno-arredo come identità del Made in Italy

Il Made in Italy è un 'segno di riconoscibilità e valore', veicolato nel mondo attraverso le 'eccellenze' e i prodotti industriali – diventati icone del design – realizzati dalle diverse maestranze e competenze presenti nel nostro Paese (Temperini, Gregori and Palanga, 2016). Al contempo rappresenta una realtà eterogenea in forte evoluzione, legata alle risorse del territorio, che continua a sviluppare il 'saper fare' con il 'saper commerciare, distribuire e comunicare' (Bassi, 2017). Tale identità costruita nel tempo è riassumibile nel concetto di 'bello e ben fatto', attraverso la qualità manifatturiera e la 'sapienza' sintesi tra progettazione, sensibilità materica e maestria esecutiva, tramandate e rinnovate nei decenni (Tosi, 2015; Bettiol 2015; Dellapiana, 2022).

Secondo Becattini (1998), l'unicità dei distretti industriali, sviluppatasi durante il 'miracolo economico' e consolidata negli anni Settanta e Ottanta dello scorso secolo, è riconducibile al processo di 'cross-fertilisation' (Ricciardi, 2013) tra diverse realtà aziendali – di cui la maggior parte è a conduzione familiare – fortemente legate al territorio e alle sue risorse materiali, artigianali e culturali: questo processo ha contribuito a plasmare l'identità del modello imprenditoriale del Made in Italy così come la conosciamo oggi. Inoltre, nonostante la delocalizzazione produttiva e la globalizzazione degli anni Novanta abbiano elevato la complessità delle filiere di approvvigionamento, i distretti del Made in Italy hanno saputo mantenere un ruolo propulsivo, anche per merito di sinergie tra designer, artigiani e imprenditori locali (Bassi, 2017; Cianfanelli et alii, 2018; Claudi de Saint Mihiel, 2024).

Oggi si contano circa 159 distretti industriali (Intesa Sanpaolo, 2025), che continuano a operare per il mantenimento e la valorizzazione dell'identità ereditata, in molti casi innovata nel tempo. Tra i settori cardine appartenenti alle 'quattro A' – Arredo, Abbigliamento, Agroalimentare e Automotive – il Sistema Casa è tra i più attivi (Fig. 3), valorizzando il proprio comparto attraverso il sapiente dialogo tra la cultura progettuale del 'saper fare', le capacità produttive e le peculiarità del territorio (Bettiol, 2015; MIMI, 2026). Il processo di costruzione dell'identità del settore del mobile ha consentito anche lo sviluppo di diversi Poli di eccellenza industriale: la Brianza e l'area trevigiana e di Pordenone, per la produzione di pannelli e componenti per arredi (Unioncamere and Centro Studi Guglielmo Tagliacarne, 2024); il nord delle Marche per la produzione di cucine; la Puglia come distretto dell'imbottito (Intesa Sanpaolo, 2025).

All'interno di questi distretti industriali il Design è stato determinante per i processi di sviluppo e innovazione, incrementando il valore del brand e l'identità del Made in Italy percepita nel mondo. Aziende come Cassina, B&B Italia, Poltrona Frau, Molteni&C, Poliform, Fantoni, Kartell e Magis hanno contribuito, tramite collaborazioni con importanti Maestri del Design e la realizzazione di prodotti di alta qualità, alla definizione del 'design italiano contemporaneo', apprezzato in tutto il mondo (Bassi, 2017). Inoltre eventi fieristici internazionali, in primis il Salone del Mobile di Milano, affermatosi come vetrina globale, hanno promosso e veicolato, attraverso l'esposizione di prodotti innovativi e 'ben fatti', l'identità del Made in Italy, dando ulteriore impulso a tutto il comparto.

Tuttavia negli ultimi anni abbiamo assistito a una ridefinizione delle filiere del settore arredo, sempre più lunghe e complesse, fenomeno evolutivo del comparto da imputare soprattutto all'instabilità del mercato di riferimento, al fenomeno degli accorpamenti e delle acquisizioni delle imprese da parte di holding estere e, infine, alla ricezione delle recenti normative sull'ecodesign da parte delle aziende. Di fronte a questo cambiamento epocale la sfida della doppia transizione nel settore arredo può rappresentare per le PMI un'opportunità per incrementare la propria sostenibilità, migliorare il livello di digitalizzazione e di competitività, sviluppando prodotti più sostenibili e circolari e ponendo le basi per nuovi modelli di business.

**La circolarità e digitalizzazione nel settore legno-arredo** | A livello europeo la filiera legno-ar-

redo produce un fatturato di circa 140 miliardi di euro, sebbene sia annoverata tra i settori che richiedono urgenti interventi per migliorare la sostenibilità ambientale. Lo studio del Joint Research Centre colloca il settore 'arredi' al secondo posto, dopo il 'tessile-calzature', per impatti ambientali, la maggior parte attribuibili allo scenario di fine vita dei prodotti: solo in Europa si dismettono circa 10 milioni di tonnellate annue di mobili, di cui l'80-90% viene conferito in discarica o in incenerimento, mentre appena il 10% viene riciclato (Faraca et alii, 2024).

Inoltre l'architettura complessa degli arredi – spesso multimaterici e poco predisposti allo smontaggio e alla manutenzione – limita fortemente la possibilità di valorizzare le componenti e i materiali (Faraca et alii, 2024; Yang and Vezzoli, 2024; Maffei et alii, 2024). Alle criticità del prodotto si aggiungono la questione dell'obsolescenza programmata e il fenomeno degli 'arredi a bassa durata', che alimentano la generazione di scarti sia nelle fasi produttive sia a fine vita (Furmston and Braithwaite, 2025).

Rispetto al problema ambientale le imprese europee dell'arredo, comprese quelle del Made in Italy, sono chiamate perciò ad affrontare la duplice transizione circolare e digitale e a superare le numerose barriere che frenano la loro trasformazione: segmentazione della filiera di approvvigionamento; investimenti contenuti nell'innovazione tecnologica; difficoltà di allocazione delle risorse per la conversione verso modelli produttivi sostenibili e circolari; volatilità dei costi e difficoltà di approvvigionamento di materie prime (Buono, Capece and Laudante, 2018). L'Italia si colloca tuttavia tra i migliori Paesi in Europa per le 'prestazioni complessive di circolarità' (Circular Economy Network, 2025).

Secondo l'indagine GreenItaly di Unioncamere e Fondazione Symbola (2023) il 70% delle imprese investe nell'efficientamento energetico, il 76% seleziona fornitori certificati e il 96% adotta mate-

riali sostenibili. A questi dati si aggiungono le pratiche di riciclo 'ad anello chiuso', gli approvvigionamenti da fornitori a breve distanza, la formazione di 'responsabili della sostenibilità' e, infine, l'adozione, seppur ancora timida, delle strategie di eco-progettazione (modularità, disassemblabilità, manutenibilità, riparabilità e aggiornabilità) per estendere la vita utile degli arredi, anche attraverso lo sviluppo di modelli Product as a Service (PaaS; Pietroni, Di Stefano and Galloppo, 2023; Mesa, 2023; Wu and Pi, 2023). Il crescente interesse delle aziende verso modelli aziendali circolari, che danno centralità alle attività di progettazione, rappresenta un importante traguardo nella cultura d'impresa, considerando che circa l'80% degli impatti ambientali proviene dalla fase progettuale (Tan et alii, 2024).

Alla transizione ecologica si sovrappone poi il processo di digitalizzazione del settore, che sta contribuendo alla valorizzazione dei prodotti d'arredo e all'efficientamento dei processi nelle PMI (Guangju et alii, 2025). L'implementazione delle nuove tecnologie digitali funge da facilitatore e catalizzatore operativo per la circolarità del settore, rendendo quantificabili e monitorabili diverse tipologie di dati da includere nel DPP: prestazioni del prodotto, tracciabilità di materiali e componenti, modalità di manutenzione, corretto smaltimento e trasparenza della filiera (Barbero and Ferrulli, 2023). Le soluzioni IoT, come QR code, tag RFID, sistemi blockchain, data-driven systems e Intelligenza Artificiale, possono difatti migliorare il controllo e la trasparenza della filiera di approvvigionamento, stimare la domanda e pianificare la produzione, riducendo scarti e invenduti, ottimizzare l'inventario e la logistica e valutare lo stato di salute dei prodotti per estenderne la vita utile (D'Itria, Pei and Bertola, 2024; Sardjono et alii, 2025).

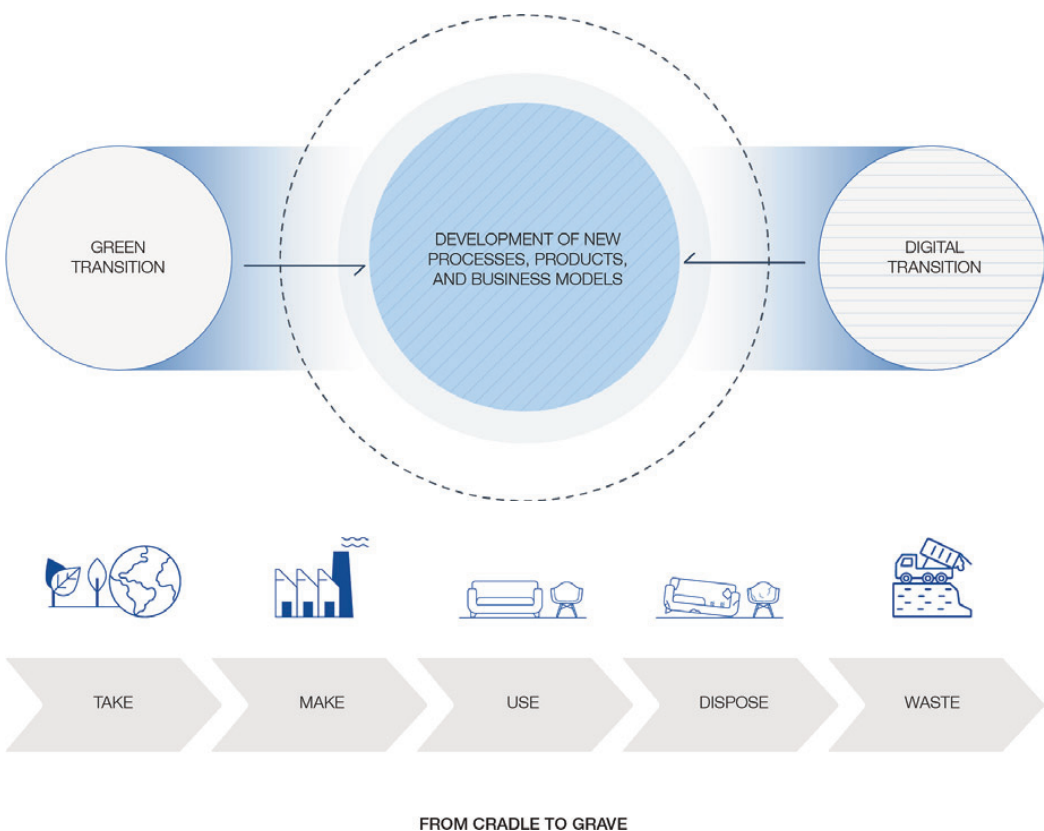
All'interno dei dipartimenti R&D delle aziende, in particolare nella fase di progettazione, l'utilizzo di strumenti CAD / CAM e Digital Twin consente di

ottimizzare il prodotto già nelle prime fasi di sviluppo, realizzando dei modelli predittivi sulle prestazioni funzionali e ambientali lungo il ciclo vita (Pehlken et alii, 2024). Infine, considerata la complessità architettonica e materica di un arredo, è auspicabile l'adozione di Key Enabling Technologies (KETs) – già in uso nei settori tessile ed edilizio – come strumento promettente per migliorare la gestione degli scarti e ottimizzare la tracciabilità e la fruibilità dei dati relativi agli impatti ambientali fin dalle fasi preliminari di progetto (Rigillo, Galluccio and Paragliola, 2023; Islam et alii, 2025).

Il fenomeno di ammodernamento ed efficientamento della filiera è oggetto anche della ricerca italiana, la quale – sostenuta dalla Fondazione MICS (Made in Italy Circolare e Sostenibile)<sup>1</sup> e dalla partecipazione a progetti europei – sta presidiando il settore arredo e la duplice sfida, sviluppando buone pratiche caratterizzate dal recupero degli scarti, dalla creazione di laboratori collaborativi territoriali e da proposte per filiere trasformative, più circolari e resilienti, tramite strumenti digitali e nuovi modelli gestionali.

Considerata l'importanza – rilevata dalla letteratura tecnico-scientifica – della transizione ecologica e digitale per il settore arredo del Made in Italy, è stata condotta un'analisi critica dei report di sostenibilità, delle schede prodotto e di altri documenti aziendali, per approfondire e identificare i miglioramenti associati alle pratiche di 'digitalizzazione' e di 'circolarità' dei propri modelli di business.

Attraverso la descrizione di quattro casi studio di imprese italiane del settore dell'arredo l'indagine si sviluppa su due livelli, 'macro' e 'micro': il primo considera l'impresa nella sua totalità, osservando l'adozione di tecnologie digitali e i relativi effetti sul sistema produttivo; il secondo si focalizza sui prodotti, esaminando le strategie di eco-progettazione adottate e l'implementazione di soluzioni digitali. Le aziende sono state selezionate in base ad alcuni



**Fig. 1** | Graphical representation of the twin transition (ecological and digital): the convergence of the drivers of the circular economy and digital innovation gives rise to new production processes, products, and business models oriented towards sustainability (credit: The Authors, 2026).

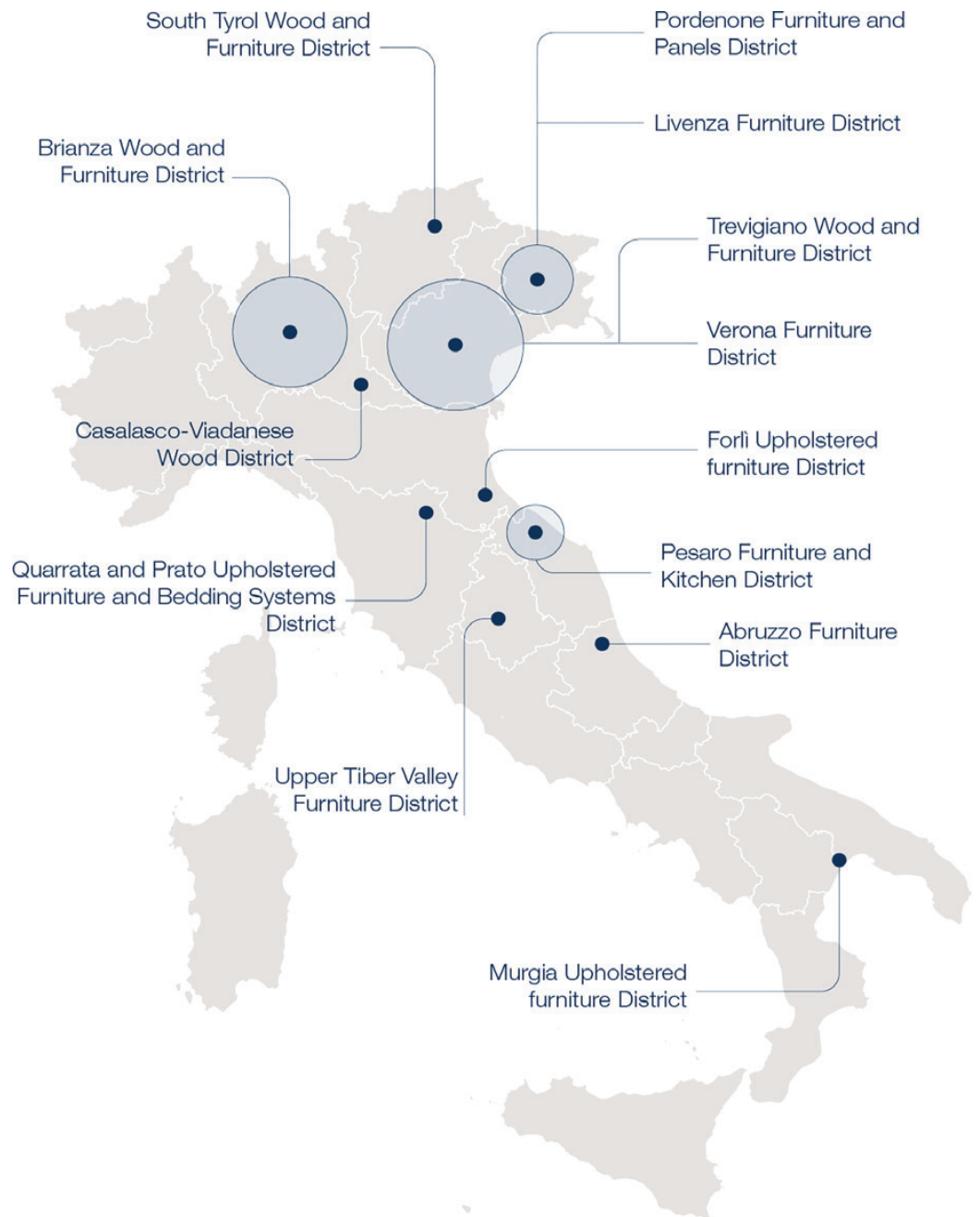
**Fig. 2** | Diagram of the current linear economic model in the wood-furniture sector, following a cradle-to-grave sequence of take, make, use, dispose, and waste (credit: The Authors, 2026).

requisiti: avere la 'filiera produttiva' esclusivamente in Italia; avere l'iscrizione a FederlegnoArredo o ad associazioni di categoria quali AssoArredo e AssoLegno; aver partecipato a progetti competitivi; aver ricevuto riconoscimenti e premi per la sostenibilità ambientale e conseguito certificazioni ambientali. L'obiettivo è rilevare le strategie progettuali e le tecnologie digitali che risultano essere particolarmente significative per accelerare la doppia transizione del settore arredo.

**Natuzzi e Tonin Casa tra digitalizzazione dell'intera filiera e Passaporto Digitale di Prodotto** | Il Gruppo Natuzzi è un interessante caso di integrazione di sistemi cyber-fisici e logiche di economia circolare in un settore ad alta intensità artigianale (Fig. 4). Fondata nel 1959 a Santeramo in Colle, nel distretto del mobile imbottito della Murgia, l'azienda ha sviluppato un modello basato su qualità dei materiali, controllo verticale della filiera, monitoraggio degli input produttivi e governance centralizzata dei processi di internazionalizzazione (Natuzzi S.p.A., 2023, 2025). A livello 'macro' la sostenibilità è abilitata dall'innovazione digitale in termini di qualità dell'ecosistema tecnologico, funzionale al governo dei flussi e alla riduzione degli sprechi. Nel 2024 Natuzzi ha introdotto l'infrastruttura RISE with SAP per la gestione aziendale e l'ottimizzazione della catena di approvvigionamento in ambiente cloud, ottimizzando la visibilità sui processi dell'intera filiera, riducendo asimmetrie informative tra progettazione e produzione e rafforzando la sicurezza dei dati e la conformità alle normative (SAP News Center Italy, 2024).

Parallelamente l'adozione del Digital Twin, sviluppato all'interno del progetto 2Next, in collaborazione con il Politecnico di Bari, ha favorito la simulazione dei processi produttivi e l'analisi virtuale delle prestazioni dei materiali, riducendo la realizzazione di prototipi fisici e le verifiche in laboratorio, accelerando il processo di immissione sul mercato delle nuove soluzioni. Tra i risultati concreti di questo sistema si possono citare: la riduzione degli scarti di produzione, attraverso algoritmi generati dall'IA, in particolare nelle fasi di taglio dei semilavorati (Fig. 5); un incremento dell'efficienza di sfruttamento delle risorse, grazie alla modellazione e alla simulazione stocastica delle linee produttive; l'ottimizzazione dell'assemblaggio del prodotto, grazie alla metodologia Lean Manufacturing 4.0 e all'introduzione di una linea di assemblaggio mobile automatizzata.

L'implementazione degli strumenti digitali e delle nuove tecnologie per l'automazione industriale fornisce, insieme all'approccio progettuale del tipo 'design for disassembly' adottato dalla Natuzzi, un importante contributo nel semplificare a fine vita le operazioni di disassemblaggio delle componenti e il corretto recupero di materiali. Il caso Natuzzi dimostra come la doppia transizione possa potenziare le capacità decisionali e operative nell'impresa, rafforzando il legame con il territorio e configurandosi non solo come produttore di arredamento, ma anche come un ecosistema tecnologico orientato alla sostenibilità, capace di trasformare limiti ambientali in vantaggi competitivi durevoli e misurabili (Natuzzi S.p.A., 2022, 2025). Tuttavia, nonostante i reali benefici apportati dagli strumenti tecnologici adottati da questa azienda, occorre anche evidenziare la loro scarsa trasferibilità e replicabilità nei contesti imprenditoriali più critici, spesso carat-



**Fig. 3** | Infographic showing the main wood-furniture industrial districts across the Italian peninsula, highlighting the geographical distribution of the Made in Italy furniture sector (credit: The Authors, 2026).

terizzati da limitate risorse finanziarie e scarse capacità gestionali, con il rischio di generare una 'transizione diseguale' all'interno dello stesso comparto.

Nel dibattito scientifico sulla sostenibilità delle filiere globali l'asimmetria informativa tra produttore e consumatore ostacola l'attuazione dell'economia circolare, rendendo pertanto prioritario il passaggio da una comunicazione di sostenibilità puramente 'dichiarativa' a una 'verificabile'.

Il caso Tonin Casa è un esempio emblematico di azienda italiana che ha deciso di adottare e integrare sistemi basati su blockchain e Intelligenza Artificiale, volti a veicolare in modo trasparente ed efficace le informazioni ambientali e il valore etico e materico dei propri prodotti. Dagli anni Settanta Tonin Casa produce arredi e complementi per zone giorno e notte con forte orientamento al design contemporaneo e alla lavorazione di legno, vetro e ceramica (Tonin Casa, 2025); radicata nel padovano e attiva sui mercati esteri, l'azienda ha gradualmente orientato la propria strategia verso la trac-

ciabilità e la trasparenza informativa lungo la catena di approvvigionamento, introducendo soluzioni digitali. Attraverso la collaborazione con EZ Lab, start-up italiana specializzata nella tecnologia blockchain e nell'uso di tecnologie IA per la gestione dei flussi, l'azienda ha avviato lo sviluppo del DPP da applicare ai complementi d'arredo, pur non essendo ancora uno standard per tale strumento (EZ Lab, 2025). Attraverso soluzioni di QR code e sistemi Made in Block è stato possibile sviluppare il DPP, includendo e rendendo fruibili agli utenti finali le informazioni sull'origine e sulla certificazione dei materiali, sulla composizione dei componenti, sulle modalità di produzione artigianale e sulla conformità ai requisiti ambientali e di sicurezza dei prodotti.

L'integrazione di tali tecnologie non si limita a una mera funzione di archiviazione, ma consiste nella creazione di un'infrastruttura in cui i dati di filiera, dall'approvvigionamento del legname alla finitura del prodotto, vengono acquisiti in un registro basato sulla Distributed Ledger Technology (DLT),



**Fig. 4** | Historical photograph of Pasquale Natuzzi in his first workshop in Puglia, where the earliest sofas were crafted entirely by hand (credit: Natuzzi Group, 2026).

validati e concatenati in blocchi crittografati. Questa architettura garantisce l'immutabilità dei dati eliminando il rischio di manipolazioni o di greenwashing delle prestazioni ambientali, trasformando la tracciabilità in un sistema scientificamente verificabile e assicurando la conformità ai requisiti previsti dal DPP e dalla normativa europea ESPR.

Il sistema 'intelligente' per la tracciabilità dei dati e la documentazione delle caratteristiche dei prodotti lungo l'intero ciclo di vita è stato applicato agli arredi realizzati dall'azienda: tra i primi prodotti a sperimentare l'applicazione del DPP si distingue il progetto 'Lisa' (Figg. 6-8), una seduta disegnata da Ernesto Barbieri. Il caso studio dell'azienda Tonin Casa dimostra che la digitalizzazione della filiera, se integrata con i criteri di ecodesign, può generare evidenze verificabili utili all'azienda, ai consumatori, al miglioramento dei processi produttivi e al rispetto degli standard internazionali, contribuendo alla definizione di una filiera Made in Italy più responsabile, trasparente e sostenibile.

Al contempo l'implementazione del DPP, pur rappresentando un significativo segnale di allineamento dell'azienda alle direttive dell'ESPR, evidenzia alcune criticità rilevanti: in assenza di uno standard europeo condiviso, specificamente applicato al settore dell'arredo, la scalabilità e l'interoperabilità del sistema risultano limitate, con il rischio di confinare l'iniziativa a una gestione informativa prevalentemente circoscritta alla singola realtà aziendale di Tonin Casa. Inoltre, se da un lato l'impiego della blockchain e la validazione dei dati tramite registri crittografati contribuiscono a ridurre il rischio di greenwashing, dall'altro l'effettiva utilità del sistema nelle fasi di fine vita del prodotto resta parziale, in assenza di un'integrazione con le piattaforme operative dei gestori dei rifiuti e dei riciclatori.

**Arper e Sitland, tra innovazione materica e metriche quantitative di circolarità e sostenibilità**  
| Arper rappresenta un modello aziendale rigenerativo, fondato sulla circolarità dei materiali e sull'integrazione tra design e innovazione biomateri-

ca. Fondata negli anni Settanta nel distretto produttivo veneto, nota per la produzione di sedute, tavoli e complementi di arredo di alta qualità, l'azienda ha integrato progressivamente strumenti digitali per il monitoraggio della filiera di approvvigionamento, sfruttando la trasparenza dei dati ambientali come leva strategica per la comunicazione e la competitività sul mercato.

Tra i prodotti di Arper, la Catifa Carta rappresenta l'apice della ricerca materica dell'azienda: reinterpretazione di Catifa 53 e progettata nel 2001 dallo studio Lievore Altherr Molina, Catifa Carta presenta una scocca realizzata in PaperShell, un materiale composito ottenuto da fogli di carta kraft legati con una resina naturale, derivata da scarti della lavorazione del legno (Figg. 9, 10). L'unicità del prodotto risiede nella capacità del materiale di stoccare l'anidride carbonica, poiché la CO<sub>2</sub> assorbita dalle piante durante la fotosintesi rimane incorporata nelle fibre di cellulosa; a fine vita il materiale può essere sottoposto a un processo di pirolisi che lo trasforma in 'biochar' (Fig. 11), un carbone vegetale utilizzabile come correttivo del suolo, con benefici per la circolarità e la biodiversità<sup>2</sup>. Nonostante l'eccellenza materica è opportuno considerare che l'efficienza circolare del 'biochar' è condizionata dalla presenza di impianti di pirolisi adeguati e dalla corretta sistemazione del rifiuto a fine vita. È necessario perciò che la filiera del recupero del legno sia adeguata nella gestione di materiali compositi innovativi; diversamente vi è il rischio di trattare il materiale secondo i tradizionali flussi di smaltimento, limitando o, addirittura, peggiorando il fine vita del prodotto.

I benefici apportati dal materiale sono stati ulteriormente incrementati dal contributo del design della sedia: la geometria 'a guscio' della scocca è studiata per offrire un supporto ergonomico senza nervature o rinforzi, riducendo il numero di componenti e l'uso di materiale. Inoltre il semplice sistema di giunzione 'vite-distanziale' (Fig. 12) tra base e scocca è concepito per favorire il disassemblaggio di tutto il prodotto.

Arper si è dotata di certificazioni che attestano la conformità ai più elevati standard internazionali. Rilevante è l'ottenimento dell'Environmental Product Declaration (EPD) per Catifa Carta, che colloca l'azienda come prima realtà in Italia e seconda in Europa a certificare e monitorare la filiera secondo lo standard ISO 14025. Tale dichiarazione si basa su un'analisi rigorosa degli impatti lungo l'intero ciclo di vita mediante Life Cycle Assessment (LCA). La sedia è inoltre certificata FSC per la tracciabilità delle materie prime legnose ed è qualificata GreenGuard Gold per la conformità ai limiti emissivi di VOC e a garanzia della salubrità dell'aria negli ambienti interni (Arper, 2025).

Tali certificazioni non solo confermano l'aderenza del prodotto a rigorosi standard di sostenibilità, ma costituiscono anche strumenti di misurazione oggettiva delle performance ambientali, in linea con le più recenti normative europee sul Product Environmental Footprint (PEF; European Commission, 2021) e sulle dichiarazioni ambientali di prodotto. In sintesi Catifa Carta è il risultato di un approccio sistemico alla sostenibilità che integra design per la circolarità del prodotto, innovazione dei materiali, adozione di strumenti digitali per il monitoraggio della supply chain e certificazioni ambientali internazionali.

Il secondo caso preso in esame è l'azienda Sitland che, fondata nel 1977 a Nanto nel distretto veneto, rappresenta un'eccellenza nell'integrazione di metriche quantitative applicate all'arredo per ufficio e spazi collettivi. Nel 2022 l'azienda ha deciso di allinearsi ai criteri del regolamento europeo ESPR attraverso il progetto 'ECONA – Our sustainable approach to design', un modello di sostenibilità integrato fondato sui principi di eco-design e orientato alla riduzione degli sprechi, all'abbattimento delle emissioni e alla circolarità dei prodotti<sup>3</sup>. Il sistema di arredo modulare Drop (Figg. 13, 14), progettato dal designer Zakaria Khalfaoui, è uno dei 'prodotti modello' che applicano i principi di circolarità adottati dall'azienda. Concepito come un ecosistema 'aperto', basato su tre elementi fondamentali – se-

duta, schienale e bracciolo – evoca la logica del 'drag&drop', consentendo una componibilità libera e intuitiva per configurare aree d'attesa e zone di lavoro informali. L'elemento distintivo risiede nella completa disassemblabilità delle componenti, poiché esclude l'uso di colle permanenti e altri sistemi di connessione irreversibili<sup>4</sup>. Questa scelta progettuale facilita la manutenzione e garantisce, a fine vita, che ogni materiale possa essere destinato al corretto recupero e al processo di valorizzazione.

Il progetto ECONA prevede inoltre l'utilizzo di un grafico di mappatura dei materiali, uno strumento di classificazione e di comunicazione delle informazioni e dei dati sulla composizione materica del prodotto, rivolto ai consumatori, che illustra la percentuale e la natura dei materiali impiegati. Queste informazioni consentono di comprendere efficacemente i materiali che costituiscono le componenti del prodotto, come metallo, tessuti e schiume, e di identificare con chiarezza quali frazioni possano essere riciclate o recuperate.

A supporto della transizione ecologica, Sitland ha introdotto specifici indicatori di circolarità per fornire parametri quantitativi della performance ambientale, analizzando il valore rigenerativo dei propri prodotti, inclusi quelli del sistema Drop. Tali indicatori valutano la quota di materiali riciclati immessi nel ciclo produttivo, la facilità di disassemblaggio e la durabilità, come parametri fondamentali per misurare la manutenibilità e la resistenza nel tempo, garantendo un ciclo di vita sensibilmente più lungo rispetto agli standard di settore.

L'integrazione di queste metriche nel sistema Drop consente di monitorare in modo trasparente e verificabile la sostenibilità della filiera, generando dati oggettivi per clienti, progettisti e committenti. Drop non è solo una seduta modulare e circolare, ma è un esempio concreto di applicazione delle modalità di comunicazione dei dati ambientali definite dalla normativa ESPR e dal DPP.

La combinazione tra scelte progettuali di eco-design, l'impiego di una mappatura materica e lo sviluppo di una comunicazione quantitativa degli

indicatori di circolarità rappresenta un modello virtuoso per favorire la duplice transizione e risulta potenzialmente replicabile anche da altre imprese del Made in Italy. Tuttavia alcune condizioni costituiscono barriere concrete alla sua diffusione: la prosimità distrettuale, la disponibilità di un team di ricerca e sviluppo interno e una cultura manifatturiera orientata al controllo diretto della produzione sono infatti fattori difficilmente replicabili in contesti produttivi frammentati o delocalizzati.

Attraverso l'analisi dei quattro casi studio è stato possibile sviluppare un diagramma di 'Sankey' (Fig. 15) che illustra le relazioni tra le pratiche di eco-design adottate e gli strumenti digitali, insieme ai benefici generati dalla loro implementazione: a sinistra è illustrato l'insieme delle pratiche di transizione circolare e digitale adottate dalle aziende, come i sistemi basati sui dati, l'intelligenza artificiale, il passaporto di prodotto digitale e le strategie di design-for-X; a destra i principali benefici ottenuti attraverso queste strategie, tra cui il monitoraggio della catena di approvvigionamento, la riduzione degli scarti di produzione, il miglioramento dell'efficienza produttiva, la riduzione delle emissioni di anidride carbonica, una maggiore trasparenza del ciclo di vita e un migliore recupero e valorizzazione a fine vita. I flussi di collegamento evidenziano le associazioni tra le pratiche e gli strumenti delle quattro aziende considerate e i relativi benefici, mentre la loro ampiezza enfatizza visivamente le relazioni più rilevanti e ricorrenti.

**I casi studio e gli Obiettivi dello Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030** | Il processo di doppia transizione nel settore legno-arredo del Made in Italy si riflette nell'Obiettivo di Sviluppo Sostenibile (SDG) 9 dell'Agenda 2030 (UN, 2015), in quanto la digitalizzazione dei processi e dei dati rappresenta una leva strategica per l'innovazione industriale, l'efficienza produttiva e il rafforzamento della competitività delle filiere.

L'analisi dei casi studio, condotta con una doppia lente dal 'macro' al 'micro' (dalla filiera al prodotto), offre un riscontro più specifico del settore ar-

redo nazionale rispetto ai target 9.4 e 9.5. Rispetto al primo target i casi studio descritti dimostrano che l'integrazione tra le strategie di ecodesign – riduzione, disassemblaggio e durabilità – e l'integrazione dei nuovi strumenti digitali supporta in modo favorevole l'aggiornamento dei processi produttivi, generando benefici sull'utilizzo delle risorse, sulla loro ottimizzazione e, più in generale, sulle performance ambientali dei prodotti d'arredo. Oltretutto la tracciabilità e la misurazione della circolarità, lungo tutto l'intero ciclo di vita, rendono governabili e trasparenti anche all'utente finale i criteri e le modalità di manutenzione e aggiornabilità per estendere la vita utile del prodotto. Ciò ha consentito alle aziende analizzate di adottare un approccio 'dalla culla alla culla', incentivando lo sviluppo sostenibile del brand e, dalla prospettiva della circolarità e della digitalizzazione, stimolando l'innovazione dei prodotti.

Contestualmente la coerenza con il target 9.5 è riconducibile all'incremento della ricerca applicata che le aziende hanno condotto sui citati casi studio – anche attraverso la collaborazione con Enti di ricerca, Università, Poli di innovazione e distretti tecnologici – al fine di sviluppare strategie e strumenti operativi in grado di supportare il management nel superare barriere e limiti relativi, soprattutto, 'all'organizzazione' e alla 'definizione delle risorse per gli investimenti', necessari per abilitare la duplice transizione.

Tuttavia l'evidenza empirica dei casi studio suggerisce anche l'esistenza di interdipendenze con ulteriori SDG. In termini di sinergie, la doppia transizione contribuisce in modo significativo all'SDG 12, attraverso la maggiore tracciabilità dei materiali, la misurazione delle performance ambientali e la diffusione di strumenti di progettazione circolare orientati a modelli di produzione e consumo più responsabili. L'SDG 8 risulta rafforzato nei processi di qualificazione del lavoro e di upgrading tecnologico delle imprese, sebbene tale effetto dipenda fortemente dalle capacità organizzative e dalle competenze digitali disponibili. L'SDG 13 beneficia infine dell'integrazione tra strumenti digitali e pra-



**Fig. 5** | Digital optimisation of nesting during the cutting phase of upholstery semi-finished components, aimed at improving material efficiency and reducing production waste in sofa manufacturing (credit: Natuzzi Group, 2026).



**Figg. 6-8** | Lisa chair, designed by Ernesto Barbieri for Tonin Casa, showing the construction, stitching, and material finishing of one of the products for which the company has implemented a QR code linked to the Digital Product Passport (credit: Tonin Casa, 2025).

tiche di ecodesign, che consentono una quantificazione e una riduzione più accurate degli impatti ambientali lungo il ciclo di vita del prodotto.

Accanto a queste sinergie emergono anche alcuni compromessi strutturali: l'introduzione di tecnologie digitali avanzate (Blockchain, Digital Product Passport e Digital Twin) può infatti accentuare le disuguaglianze tra imprese strutturate e PMI, con possibili criticità rispetto all'SDG 10 in termini di accesso equo alle tecnologie. Inoltre i costi di implementazione e la complessità gestionale dei sistemi digitali possono generare profondi squilibri tra sostenibilità ambientale e sostenibilità economico-organizzativa, limitando la scalabilità delle soluzioni.

Sul piano dell'affidabilità e della trasparenza dei dati la digitalizzazione è in grado di ridurre le asimmetrie informative, ma al contempo potrebbe spostare il rischio di greenwashing verso la qualità, l'interpretabilità e la comparabilità delle informazioni. Nel complesso la doppia transizione nel Made in Italy si configura come una leva trasversale di accelerazione per gli SDG 9, 12, 8 e 13, ma anche come generatrice di nuove asimmetrie sistemiche che attraversano l'intero programma dell'Agenda 2030, evidenziando la necessità di una governance multilivello capace di bilanciare innovazione, inclusività e accessibilità tecnologica.

**Conclusioni** | L'analisi condotta mostra che la doppia transizione nel settore legno-arredo del Made in Italy è un processo in evoluzione, caratterizzato da traiettorie non omogenee, accomunate da una progressiva integrazione tra strategie di ecodesign e strumenti digitali.

L'evidenza empirica dei casi studio suggerisce che i risultati più significativi emergono quando tecnologie digitali avanzate e pratiche di ecodesign vengono integrate in modo sistemico, trasformandosi in un'infrastruttura decisionale capace di rendere misurabile, verificabile e progettuale la sostenibilità dei prodotti e della filiera. L'adozione di tecnologie quali i gemelli digitali, i sistemi basati sui dati e sull'intelligenza artificiale, le catene di valore e altre soluzioni digitali per la tracciabilità, opportunamente implementate nelle quattro aziende analizzate, non si limita a essere un mero strumento di efficientamento, ma ridefinisce il governo della filiera, la qualità informativa del prodotto e il supporto alle decisioni orientate alla sostenibilità.

Parallelamente le pratiche di eco-progettazione – dal Design per la Modularità al Design per il Disassemblaggio, dal Design per la Riparabilità al Design per la Durabilità, ecc. – contribuiscono a estendere la vita utile dei prodotti, a ridurre significativamente l'impronta di carbonio e a valorizzare il fine vita dei materiali e delle componenti degli arredi, incrementandone la circolarità. Criticamente il paper evidenzia, oltre alle opportunità, anche le vulnerabilità di un comparto composto prevalentemente da PMI, fortemente radicato nel territorio e sostenuto da una cultura del 'saper fare' che, pur costituendo un valore identitario, può rallentare l'adozione di pratiche di ecodesign e di innovazioni digitali e tecnologiche. Il cosiddetto 'paradosso della tradizione' mostra come la ricchezza del Patrimonio manifatturiero italiano possa, in alcuni casi, rallentare i processi di trasformazione organizzativa e tecnologica, soprattutto se confrontati con modelli più dinamici adottati da altri Paesi europei.

L'analisi proposta rappresenta un contributo rilevante alla letteratura scientifica sulla doppia transizione, solitamente focalizzata su contesti altamente industrializzati. Tuttavia lo studio non consente di generalizzare i risultati all'intero settore manifatturiero del legno-arredo. Le imprese analizzate dispongono infatti di competenze tecniche, risorse economiche e capacità organizzative che non sono sempre presenti nelle realtà più fragili del comparto. Inoltre la mancanza di dati quantitativi riferiti alle prestazioni ambientali – quali studi LCA, analisi di Carbon Footprint e indicatori di circolarità – non permette di valutare nel tempo l'evoluzione delle performance ambientali, né di sviluppare un confronto sistematico con altre filiere europee. La stessa efficacia degli strumenti digitali nelle fasi di fine vita risulta limitata dall'assenza di standard condivisi, in particolare di un DPP specifico per il settore legno-arredo e dalla mancanza di piattaforme interoperabili lungo la catena del valore.

La trasferibilità dei risultati appare possibile solo in presenza di condizioni favorevoli: un tessuto distrettuale coeso, dotato di prossimità operativa e culturale; competenze interne in design e ricerca e sviluppo; infrastrutture digitali condivise e standard uniformi per la gestione dei dati; capacità finanziarie in grado di sostenere investimenti di medio-lungo periodo. In assenza di tali condizioni la doppia transizione rischia di accentuare squilibri esistenti, generando una transizione 'diseguale' e di difficile scalabilità a livello settoriale.

Questi limiti aprono una serie di questioni rilevanti per la ricerca futura, delineando i possibili sviluppi e le tematiche ancora da indagare: a) approfondire come la digitalizzazione influenzi realmente la circolarità dei prodotti, sviluppando metriche comparabili, protocolli condivisi e dataset estesi che rendano valutabili gli esiti delle trasformazioni organizzative e progettuali; b) indagare la natura dei compromessi generati dall'introduzione di tecnologie complesse, considerando i costi di gestione, l'energia richiesta dai sistemi digitali e il rischio di forme emergenti del 'greenwashing digitale', soprattutto in assenza di verifiche terze e procedure certificate; c) monitorare il processo di definizione di standard europei dedicati al Passaporto Digitale di Prodotto per il settore dell'arredo, oggi ancora frammentati e non pienamente interoperabili; d) esplorare modelli di governance multilivello capaci di rendere accessibili gli strumenti digitali alle PMI, evitando che l'innovazione resti confinata a casi isolati.

In conclusione la doppia transizione si configura come un'opportunità per ripensare il posizionamento competitivo del Made in Italy non come un processo di omologazione, ma come una possibile evoluzione della sua identità manifatturiera. La sfida sarà trasformare l'equilibrio tra tradizione e innovazione in un vantaggio distintivo, sostenuto da dati affidabili, standard condivisi e da un ecosistema di supporto capace di rendere questa transizione inclusiva, scalabile e culturalmente coerente con la specificità del settore legno-arredo. In tale prospettiva gli sviluppi futuri non possono limitarsi all'introduzione di nuove tecnologie, ma dovranno coinvolgere trasformazioni sistemiche che comprendano competenze, culture produttive, strumenti di valutazione e modelli collaborativi capaci di accompagnare il comparto verso un nuovo paradigma competitivo e sostenibile.

The dual transition – digital and ecological – in the Made in Italy wood-furniture sector is not limited to a simple technical upgrade of processes. Rather, it represents a radical transformation that deeply affects production models, corporate cultures, and

forms of competitiveness developed over time. Within this context of cultural change in the national manufacturing system, the intersection of digital technologies and ecodesign practices can redefine both products and business models within their respective markets (Fig. 1), serving as a strategic lever to guide industrial transformation. This also occurs through open innovation processes, involving collaboration and knowledge sharing with actors external to companies (Kraus et alii, 2021; Robertsons and Lapina, 2023). With respect to the emerging techno-environmental paradigm, recent literature highlights several ongoing debates: on the one hand, the dual transition is recognised as a priority driver for orienting production systems, supply chains, and products toward more circular and sustainable configurations (Antikainen, Uusitalo and Kivikytö-Reponen, 2018; Barbero and Ferrulli, 2023). In particular, a technocentric approach attributes to digital tools the capacity to overcome existing limits and barriers directly (Pagoropoulos, Pigosso and McAloone, 2017). On the other hand, a more critical perspective suggests that this transition may widen the gap between large companies and small and medium-sized enterprises (SMEs), imposing additional economic and organisational burdens on the latter, often without corresponding process optimisation.

In the Made in Italy wood-furniture sector, which is strongly rooted in industrial districts and supported by a heritage of production knowledge (Beccattini, 1998; Bettiol and Micelli, 2005), this integration plays a strategic role in strengthening competitiveness, innovation, and both territorial and national identity. However, whereas the ecological transition requires SMEs to undertake a long and complex process to move beyond the traditional linear paradigm (Fig. 2; EMF, 2013; Charter, 2018; Yang and Vezzoli, 2024), digital transition and new operational tools offer concrete opportunities to facilitate this shift toward the dual transition.

Regarding the critical issue of data transfer among different actors in the production chain – mainly due to its heterogeneous and fragmented

structure – IoT systems and blockchain technologies can enhance information transparency, while digital twins and Life Cycle Assessment tools enable the measurement of environmental impacts of products and processes (Pagoropoulos, Pigosso and McAloone, 2017; Vezzoli, 2017; Antikainen, Uusitalo and Kivikytö-Reponen, 2018; Bajardelli and Bolognini Cobiانchi, 2024).

Despite the availability of these intelligent systems, alignment between circularity and digitalisation goals within SMEs is not automatic and depends on financial resources, organisational capabilities, and operational feasibility (Ben Youssef, 2025; Hein, Münter and Zimmermann, 2026). Further incentives for companies to build more sustainable and circular supply chains – also through the implementation of data traceability solutions across the entire product life cycle – are provided by environmental requirements introduced by the European Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR; European Union, 2024). This regulation establishes a reference framework that will progressively influence how products are designed, managed, and communicated, introducing the Digital Product Passport (DPP). This new operational tool reinforces the central role of data as an enabling infrastructure for proper resource management and information sharing across the entire supply chain and product life cycle.

From this perspective, the paper aims to demonstrate that in the Made in Italy wood-furniture sector, the dual transition produces significant effects only when digital innovation is strongly integrated with ecodesign strategies and supported by organisational capacity and the quality of relationships among the various actors in the supply chain. In relation to this framework, the article is structured into two sections: the first outlines the state of the art of the sector, defining the interpretative framework, district structures, environmental criticalities, and the main dimensions of the digital and ecological transition, with particular attention to implications, limitations, and barriers; the second presents a critical analysis of four case stud-

ies of Italian wood-furniture companies, representing relevant examples in the adoption of integrated strategies for the dual transition, both at a macro level – referring to the company and supply chain – and at a micro level – related to the development of circular products.

The objective is to provide a synthesis of recurring evidence on environmental and economic benefits, the enabling role of digital technologies, and ecodesign strategies that characterise the ecological and digital transition of this specific sector. The results of this synthesis are useful not only for describing the current level of transition within the sector, but, above all, for addressing a significant gap in the literature: the lack of studies analysing the dual transition within fragmented district-based supply chains predominantly composed of SMEs, such as the Italian wood-furniture sector.

This perspective makes it possible to highlight conditions, barriers, and potential that rarely emerge in broader studies on digitalisation and circularity. Furthermore, the focus on Made in Italy highlights how the dual transition interacts with identity-based production models rooted in craftsmanship and territorial embeddedness, offering the international scientific community an original contribution to understanding how digital innovation and ecodesign adapt to highly artisanal manufacturing contexts.

#### The wood-furniture sector and Made in Italy identity |

Made in Italy is a marker of recognisability and value, conveyed worldwide through excellence and industrial products – now considered icons of design – created by the diverse skills and expertise present across the country (Temperini, Gregori and Palanga, 2016). At the same time, it represents a heterogeneous and constantly evolving reality, closely linked to territorial resources, which continues to develop traditional know-how alongside the ability to trade, distribute, and communicate effectively (Bassi, 2017). This identity, built over time, can be summarised as ‘beautiful and well-made’, expressed through manufacturing



**Figg. 9, 10** | The Catifa Carta series by Arper, available in various base configurations, highlights the product's versatility and the consistency of its formal and material identity. The shell is made of PaperShell, a material composed of 29 sheets of kraft paper (credits: Arper, 2025).

quality and the skilful integration of design, material sensitivity, and craftsmanship, passed down and renewed over the decades (Tosi, 2015; Bettiol, 2015; Dellapiana, 2022).

According to Becattini (1998), the uniqueness of industrial districts – developed during the economic boom and consolidated throughout the 1970s and 1980s – can be traced back to a process of cross-fertilisation (Ricciardi, 2013) among different business entities, most of which are family-run and deeply rooted in the territory and its material, artisanal, and cultural resources. This process has contributed to shaping the identity of the Made in Italy entrepreneurial model as it is recognised today. Furthermore, although production delocalisation and globalisation in the 1990s increased the complexity of supply chains, Made in Italy districts have maintained a driving role, also thanks to synergies between designers, artisans, and local entrepreneurs (Bassi, 2017; Cianfanelli et alii, 2018; Claudi de Saint Mihiel, 2024).

Today, there are approximately 159 industrial districts (Intesa Sanpaolo, 2025), which continue to operate to preserve and enhance this inherited identity, often renewing it over time. Among the key sectors belonging to the so-called four A's of Made in Italy – Furniture, Fashion, Agri-food, and Automotive – the Home System is one of the most dynamic (Fig. 3), consolidating its sectoral identity through a skilful dialogue between design culture rooted in craftsmanship, production capabilities, and the distinctive characteristics of the territory (Bettiol, 2015; MIMI, 2026). The process of identity construction in the furniture sector has also led to the development of several industrial excellence clusters: Brianza and the Treviso-Pordenone area for the production of panels and furniture components (Unioncamere and Centro Studi Guglielmo Tagliacarne, 2024); northern Marche for kitchen production; and Apulia as a district specialising in upholstered furniture (Intesa Sanpaolo, 2025).

Within these industrial districts, Design has played a decisive role in development and innovation, increasing brand value and strengthening the global perception of the Made in Italy identity. Companies such as Cassina, B&B Italia, Poltrona Frau, Molteni&C, Poliform, Fantoni, Kartell, and Magis

have contributed – through collaborations with leading masters of design and the creation of high-quality products – to defining what is now recognised as contemporary Italian design, appreciated worldwide (Bassi, 2017). In addition, international trade fairs – above all the Salone del Mobile in Milan, which has become established as a global showcase – have promoted and conveyed the identity of Made in Italy by exhibiting innovative, well-crafted products, further boosting the entire sector.

However, in recent years, supply chains within the furniture sector have become increasingly extended and complex. This evolution is largely attributable to market instability, the growing phenomenon of mergers and acquisitions by foreign holding groups, and companies' implementation of recent ecodesign regulations. In the face of this epochal transformation, the challenge of the dual transition in the furniture sector may represent an opportunity for SMEs to enhance their sustainability, improve their digitalisation and competitiveness, develop more sustainable and circular products, and lay the foundations for new business models.

**Circularity and digitalisation in the wood-furniture sector** | At the European level, the wood-furniture supply chain generates approximately €140 billion in turnover. However, it is recognised as one of the sectors requiring urgent action to improve environmental sustainability. A study by the Joint Research Centre ranks the furniture sector second, after textiles and footwear, in terms of environmental impact, with most of this impact attributable to end-of-life scenarios. In Europe alone, around 10 million tonnes of furniture are discarded each year, of which 80-90% is sent to landfill or incineration, while only about 10% is recycled (Faraca et alii, 2024).

Furthermore, the complex structure of furniture – often composed of multiple materials and not designed for disassembly or maintenance – significantly limits the possibility of recovering, reusing, and valorising components and materials (Faraca et alii, 2024; Yang and Vezzoli, 2024; Maffei et alii, 2024). Product-related criticalities are compounded by issues such as planned obsolescence and short-lived furniture, which contribute to waste

generation at both production and end-of-life stages (Furmston and Braithwaite, 2025).

In response to these environmental challenges, European furniture companies, including those within the Made in Italy system, are required to address the dual circular and digital transition, overcoming numerous barriers that hinder transformation. These include the fragmentation of supply chains; limited investment in technological innovation; difficulties in allocating resources for the shift toward sustainable and circular production models; cost volatility; and challenges in sourcing raw materials (Buono, Capece and Laudante, 2018). Nevertheless, Italy ranks among the leading countries in Europe in terms of overall circularity performance (Circular Economy Network, 2025).

According to the GreenItaly report by Unioncamere and Fondazione Symbola (2023), 70% of companies invest in energy efficiency, 76% select certified suppliers, and 96% adopt sustainable materials. These figures are complemented by practices such as closed-loop recycling, sourcing from geographically proximate suppliers, the establishment of sustainability management roles, and, albeit still limited, the adoption of ecodesign strategies (including modularity, disassemblability, maintainability, repairability, and upgradability) aimed at extending the useful life of furniture. This also occurs through the development of Product-as-a-Service (PaaS) models (Pietroni, Di Stefano, and Galloppo, 2023; Mesa, 2023; Wu and Pi, 2023). The growing interest among companies in circular business models, which place design at the centre, represents a significant milestone in corporate culture, given that approximately 80% of environmental impacts are determined during the design phase (Tan et alii, 2024).

The ecological transition is accompanied by an ongoing process of digitalisation within the sector, which is enhancing product performance and improving process efficiency in SMEs (Guangju et alii, 2025). The implementation of new digital technologies acts as both a facilitator of, and an operational catalyst for, circularity, making it possible to quantify and monitor various types of data to be included in the Digital Product Passport (DPP), such as product performance, traceability of ma-



Fig. 11 | Life cycle of the Catifa Carta chair shell, which is converted into biochar at the end of its life (credit: Arper, 2025).

Fig. 12 | Details of the 'screw-spacer' jointing system between the shell and the frame of the Catifa Carta chair (credit: Arper, 2025).





**Fig. 13, 14** | Drop, the modular seating system designed by Zakaria Khalfaoui for Sitland, features a fully disassemblable and configurable architecture that allows the seating layout to be adapted to a wide range of spaces and uses (credits: Sitland, 2026).

materials and components, maintenance procedures, correct end-of-life management, and supply chain transparency (Barbero and Ferrulli, 2023). IoT-based solutions – including QR codes, RFID tags, blockchain systems, data-driven platforms, and artificial intelligence – can improve control and transparency across supply chains, support demand forecasting and production planning, reduce waste and unsold stock, optimise inventory and logistics, and assess product conditions in order to extend their useful life (D'Itria, Pei and Bertola, 2024; Sardjono et alii, 2025).

Within company R&D departments, particularly during the design phase, the use of CAD/CAM tools and digital twin technologies enables product optimisation from the earliest stages of development, through predictive modelling of functional and environmental performance across the product life cycle (Pehlken et alii, 2024). Finally, given the architectural and material complexity of furniture, the adoption of Key Enabling Technologies (KETs) – already implemented in sectors such as textiles and construction – represents a promising approach to improving waste management and enhancing the traceability and usability of environmental impact data from the earliest design phases (Rigillo, Galluccio and Paragliola, 2023; Islam et alii, 2025). This process of modernisation and supply chain optimisation is also the focus of Italian research initiatives, which – supported by the MICS Foundation (Made in Italy Circolare e Sostenibile)<sup>1</sup> and participation in European projects – are actively addressing the furniture sector and the dual transition challenge. These initiatives are developing best practices centred on waste recovery, the creation of collaborative territorial laboratories, and the promotion of more circular and resilient supply chains through digital tools and new management models.

Given the importance of the ecological and digital transition, as highlighted in the technical-scientific literature for the Made in Italy furniture sector, a critical analysis was conducted of sustainability reports, product datasheets, and other corporate documents to examine and identify improvements associated with the adoption of digitalisation and circularity practices within business models. The investigation is structured around four

case studies of Italian furniture companies and is organised into two levels: macro and micro. The macro level considers the company as a whole, analysing the adoption of digital technologies and their effects on the production system; the micro level focuses on products, examining the ecodesign strategies implemented and the integration of digital solutions. The companies were selected according to specific criteria: having an entirely Italy-based production supply chain; being members of FederlegnoArredo or sector associations such as AssoArredo and AssoLegno; having participated in competitive projects; and having received awards or recognitions for environmental sustainability, as well as obtained environmental certifications. The objective is to identify design strategies and digital technologies that are particularly significant in accelerating the dual transition within the furniture sector.

#### **Natuzzi and Tonin Casa: digitalisation of the entire supply chain and the Digital Product Passport**

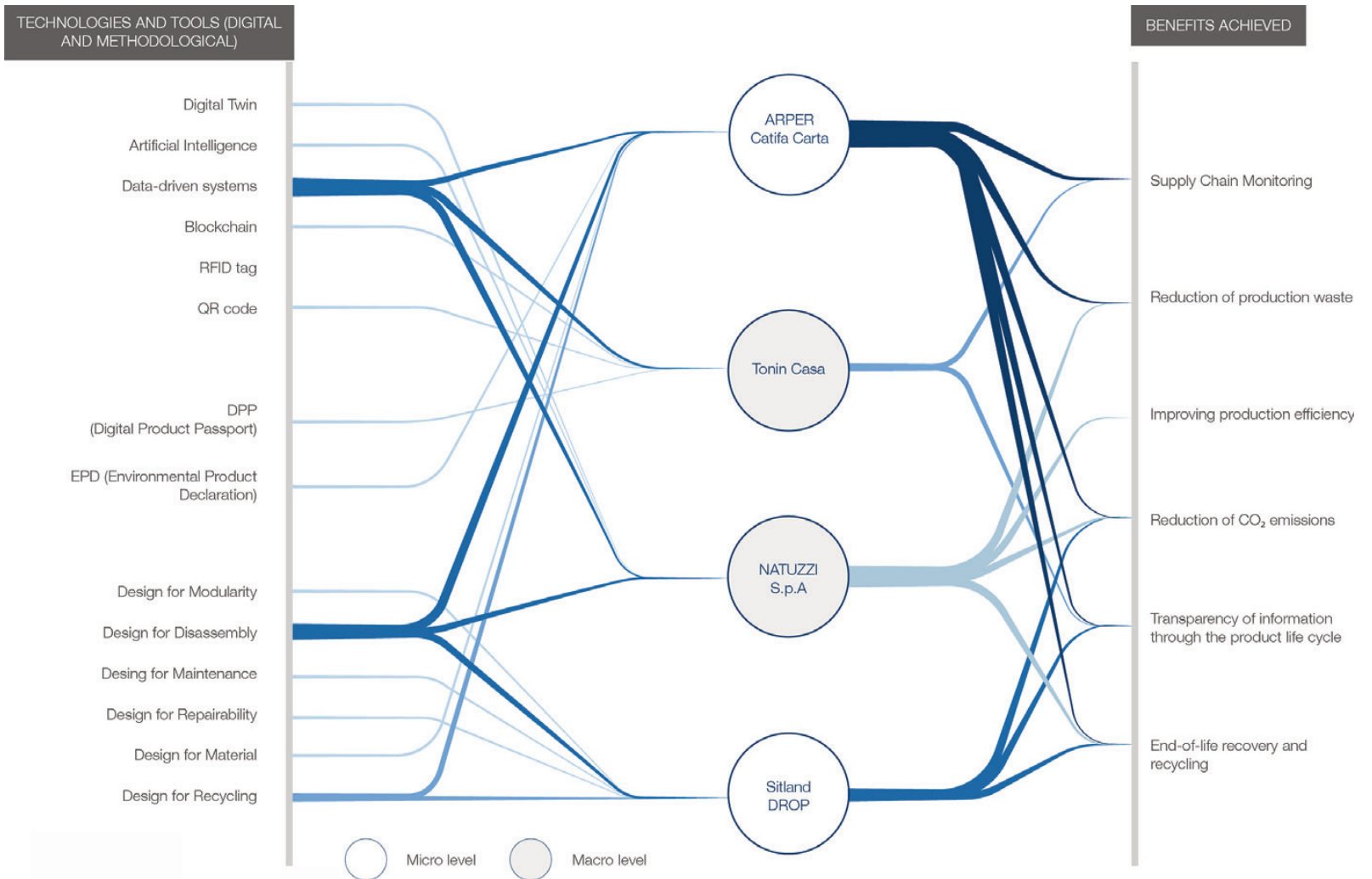
The Natuzzi Group represents a significant case of integration between cyber-physical systems and circular economy principles within a highly artisanal sector (Fig. 4). Founded in 1959 in Santeramo in Colle, within the upholstered furniture district of the Murgia region, the company has developed a model based on material quality, vertical supply chain control, monitoring of production inputs, and centralised governance of internationalisation processes (Natuzzi S.p.A., 2023, 2025). At the macro level, sustainability is enabled by digital innovation, particularly through the quality of its technological ecosystem, which supports the management of flows and the reduction of waste. In 2024, Natuzzi introduced the RISE with SAP infrastructure for enterprise management and supply chain optimisation in a cloud environment, improving visibility across the entire production chain, reducing information asymmetries between design and production, and strengthening data security and regulatory compliance (SAP News Centre Italy, 2024). At the same time, the adoption of Digital Twin technology – developed within the 2Next project in collaboration with the Politecnico di Bari – has enabled the simulation of production processes and the virtual analysis of material perfor-

mance. This has reduced the need for physical prototypes and laboratory testing, thereby accelerating the time-to-market of new solutions. Tangible outcomes of this system include: a reduction in production waste through AI-based algorithms, particularly in the cutting phases of semi-finished components (Fig. 5); improved resource efficiency through modelling and stochastic simulation of production lines; and optimisation of product assembly through Lean Manufacturing 4.0 methodologies and the introduction of an automated mobile assembly line.

The implementation of digital tools and advanced industrial automation technologies, combined with Natuzzi's design-for-disassembly approach, significantly simplifies end-of-life disassembly processes and ensures proper material recovery. The Natuzzi case demonstrates how the dual transition can enhance both decision-making and operational capabilities within a company, strengthening its connection to the local territory and positioning it not only as a furniture manufacturer but also as a sustainability-oriented technological ecosystem capable of transforming environmental constraints into lasting and measurable competitive advantages (Natuzzi S.p.A., 2022, 2025). However, despite the tangible benefits of the technological tools adopted by this company, it is also important to highlight their limited transferability and scalability in more critical business contexts, often characterised by restricted financial resources and limited managerial capacity. This may lead to the risk of an unequal transition within the same sector.

Within the scientific debate on the sustainability of global supply chains, information asymmetry between producers and consumers hinders the implementation of the circular economy, making the shift from purely declarative to verifiable sustainability communication a priority.

The case of Tonin Casa is a notable example of an Italian company that has chosen to adopt and integrate systems based on blockchain and artificial intelligence to convey environmental information and the ethical and material value of its products in a transparent and effective manner. Since the 1970s, Tonin Casa has been producing furniture and furnishing accessories for living and



**Fig. 15 |** Sankey diagram analysing the systemic interrelationships between technological and methodological innovation drivers and their respective outcomes in terms of sustainability and industrial performance (credit: The Authors, 2026).

sleeping areas, with a strong focus on contemporary design and the processing of wood, glass, and ceramics (Tonin Casa, 2025). Rooted in the Padua area and active in international markets, the company has progressively oriented its strategy towards the traceability and transparency of information across the supply chain, introducing digital solutions. In collaboration with EZ Lab, an Italian start-up specialising in blockchain technology and AI-based data flow management, the company initiated the development of a Digital Product Passport (DPP) for furniture accessories, despite the absence of a fully standardised framework for this tool (EZ Lab, 2025). Through QR code solutions and Made in Block systems, it has been possible to develop the DPP, making information accessible to end users regarding the origin and certification of materials, component composition, artisanal production methods, and compliance with environmental and safety requirements.

The integration of these technologies goes beyond simple data storage, involving the creation of an infrastructure in which supply chain data – from timber sourcing to product finishing – is recorded in a Distributed Ledger Technology (DLT)-based system, validated, and organised into encrypted blocks. This architecture ensures data immutability, eliminating the risk of manipulation or greenwashing of environmental performance, transforming traceability into a scientifically verifi-

able system and ensuring compliance with the requirements of the DPP and the European ESPR regulation. This intelligent system for data traceability and product documentation across the entire life cycle has been applied to the company's furniture.

Among the first products to experiment with the DPP is the Lisa project (Fig. 6-8), a chair designed by Ernesto Barbieri. The Tonin Casa case study demonstrates that supply chain digitalisation, when integrated with ecodesign criteria, can generate verifiable evidence that benefits companies, consumers, production processes, and compliance with international standards, contributing to the development of a more responsible, transparent, and sustainable Made in Italy supply chain.

At the same time, the implementation of the DPP – while representing a significant step towards alignment with ESPR directives – also highlights some critical issues. In the absence of a shared European standard specifically tailored to the furniture sector, the scalability and interoperability of the system remain limited, with the risk that such initiatives will remain confined to company-specific information management, as in the case of Tonin Casa. Furthermore, while the use of blockchain and cryptographically verified records helps reduce the risk of greenwashing, the system's actual usefulness at the product's end-of-life stage remains limited due to its lack of integra-

tion with the operational platforms of waste management and recycling actors.

**Arper and Sitland: material innovation and quantitative metrics of circularity and sustainability**

**| Arper represents a regenerative business model, based on material circularity and the integration of design with biomaterial innovation. Founded in the 1970s in the Veneto production district – renowned for the manufacture of high-quality seating, tables, and furniture accessories – the company has progressively integrated digital tools to monitor its supply chain, leveraging environmental data transparency as a strategic driver of communication and market competitiveness.**

Among Arper's products, Catifa Carta represents the pinnacle of the company's material research. A reinterpretation of Catifa 53, originally designed in 2001 by the Lievore Altherr Molina studio, Catifa Carta features a shell made of Paper-Shell, a composite material obtained from kraft paper sheets bonded with a natural resin derived from wood-processing waste (Fig. 9, 10). The uniqueness of this product lies in the material's ability to store carbon dioxide, as the CO<sub>2</sub> absorbed by plants during photosynthesis remains embedded in the cellulose fibres. At the end of its life cycle, the material can undergo pyrolysis, transforming it into biochar (Fig. 11), a type of plant-based charcoal that can be used as a soil amendment, with

benefits for circularity and biodiversity<sup>2</sup>. Despite its material excellence, it is important to note that the circular performance of this solution depends on the availability of appropriate pyrolysis facilities and on proper end-of-life waste management. It is therefore essential that the wood recovery supply chain is adequately equipped to handle innovative composite materials; otherwise, there is a risk that the material will be processed through conventional waste streams, limiting – or even worsening – the product's end-of-life performance. The material's benefits are further enhanced by the chair's design. The shell geometry is engineered to provide ergonomic support without the need for ribs or reinforcements, thereby reducing both the number of components and the amount of material used. Moreover, the simple screw-and-spacer jointing system (Fig. 12) between the base and the shell is specifically designed to facilitate complete product disassembly.

Arper has obtained several certifications that attest to its compliance with the highest international standards. Particularly noteworthy is the Environmental Product Declaration (EPD) for Catifa Carta, which positions the company as the first in Italy and the second in Europe to certify and monitor its supply chain according to the ISO 14025 standard. This declaration is based on a rigorous assessment of environmental impacts across the entire life cycle through Life Cycle Assessment (LCA). The chair is also FSC-certified for the traceability of wood-based raw materials. It holds the GreenGuard Gold certification, ensuring compliance with VOC emission limits and guaranteeing indoor air quality (Arper, 2025).

These certifications not only confirm the product's compliance with rigorous sustainability standards but also serve as objective tools for measuring environmental performance, in line with the most recent European regulations on Product Environmental Footprint (PEF; European Commission, 2021) and Environmental Product Declarations. In summary, Catifa Carta represents the outcome of a systemic approach to sustainability that integrates design for product circularity, material innovation, the adoption of digital tools for supply chain monitoring, and international environmental certifications.

The second case study examined is Sitland, a company founded in 1977 in Nanto, in the Veneto region, which represents an example of excellence in integrating quantitative metrics into furniture for office and collective spaces. In 2022, the company aligned itself with the criteria of the European ESPR regulation through the project ECONA – Our sustainable approach to design, an integrated sustainability model based on ecodesign principles and aimed at reducing waste, lowering emissions, and enhancing product circularity<sup>3</sup>. The modular furniture system Drop (Figg. 13, 14), designed by Zakaria Khalfaoui, is one of the company's flagship products that applies these circularity principles.

Conceived as an open ecosystem, based on three fundamental elements – seat, backrest, and armrest – it recalls the logic of drag-and-drop, allowing for flexible and intuitive configurations of waiting areas and informal workspaces. Its distinctive feature lies in the complete disassemblability of its components, achieved by avoiding the use of permanent adhesives and other irreversible connection systems<sup>4</sup>. This design choice facilitates

maintenance and ensures that, at the end of its life cycle, each material can be directed toward appropriate recovery and valorisation processes.

The ECONA project also includes the use of a material mapping chart, a tool for classifying and communicating product material composition to consumers. This chart illustrates the percentage and type of materials used, enabling a clear understanding of the components – such as metals, textiles, and foams – and identifying which fractions can be recycled or recovered. To support the ecological transition, Sitland has introduced specific circularity indicators to provide quantitative parameters for environmental performance, assessing the regenerative value of its products, including those within the Drop system. These indicators evaluate the proportion of recycled materials used in production, the ease of disassembly, and durability – key parameters for measuring maintainability and long-term durability – ensuring a product life cycle significantly longer than industry standards.

The integration of these metrics into the Drop system enables transparent and verifiable monitoring of supply chain sustainability, generating objective data for clients, designers, and stakeholders. Drop therefore operates as both a modular and circular seating system and a concrete example of how environmental data communication – defined by the ESPR regulation and the Digital Product Passport (DPP) – can be effectively implemented. The combination of ecodesign-oriented design choices, material mapping, and the development of quantitative communication tools for circularity indicators represents a virtuous model for supporting the dual transition. This model is potentially replicable by other Made in Italy companies. However, certain conditions act as concrete barriers to its wider adoption: district proximity, the availability of an in-house research and development team, and a manufacturing culture oriented toward direct production control are difficult to replicate in fragmented or delocalised production contexts.

Through the analysis of the four case studies, a Sankey diagram (Fig. 15) was developed to illustrate the relationships among adopted ecodesign practices, digital tools, and the benefits generated by their implementation. On the left side of the diagram, the set of circular and digital transition practices adopted by the companies is presented, including data-driven systems, artificial intelligence, digital product passports, and design-for-X strategies. On the right, the diagram highlights the main benefits achieved through these strategies, including supply chain monitoring, reduced production waste, improved production efficiency, reduced carbon dioxide emissions, increased life-cycle transparency, and enhanced recovery and valorisation at the end of life. The connecting flows illustrate the relationships between the practices and tools adopted by the four companies and the benefits they generate. At the same time, their width visually emphasises the most significant and recurring connections.

**Case studies and the Sustainable Development Goals of the 2030 Agenda** | The dual transition process in the Made in Italy wood-furniture sector is reflected in Sustainable Development Goal (SDG) 9 of the 2030 Agenda (UN, 2015), as the digitalisation of processes and data represents a strategic lever for industrial innovation, produc-

tion efficiency, and the strengthening of supply chain competitiveness.

The analysis of the case studies – conducted through a dual perspective, from macro to micro (from supply chain to product) – provides a more specific assessment of the national furniture sector in relation to targets 9.4 and 9.5. With regard to target 9.4, the case studies demonstrate that the integration of ecodesign strategies – such as reduction, disassembly, and durability – with the adoption of new digital tools effectively supports the upgrading of production processes. This generates benefits in terms of resource use, optimisation, and, more broadly, the environmental performance of furniture products.

At the same time, alignment with target 9.5 is linked to the increase in applied research conducted by the companies examined in the case studies, which is also driven by collaboration with research institutions, universities, innovation hubs, and technological districts. These collaborations aim to develop strategies and operational tools to support managerial decision-making in overcoming key barriers and limitations, particularly those related to organisational structures and the allocation of resources for investments necessary to enable the dual transition.

However, empirical evidence from the case studies also suggests interdependencies with other SDGs. In terms of synergies, the dual transition contributes significantly to SDG 12 by enhancing material traceability, measuring environmental performance, and disseminating circular design tools to support more responsible production and consumption models. SDG 8 is strengthened through processes of workforce upskilling and technological upgrading within firms, although this effect depends strongly on organisational capacity and the availability of digital skills. Finally, SDG 13 benefits from the integration of digital tools and ecodesign practices, which enable more accurate quantification and reduction of environmental impacts across the product life cycle.

Alongside these synergies, several structural trade-offs also emerge. The introduction of advanced digital technologies – such as Blockchain, Digital Product Passports, and Digital Twins – may exacerbate inequalities between well-structured firms and SMEs, raising concerns regarding equitable access to technology under SDG 10. Moreover, the implementation costs and managerial complexity of digital systems may create significant imbalances between environmental and economic-organisational sustainability, thereby limiting the scalability of these solutions.

From the perspective of data reliability and transparency, digitalisation can reduce information asymmetries; however, it may also shift the risk of greenwashing towards issues concerning the quality, interpretability, and comparability of information. Overall, the dual transition in the Made in Italy context emerges as a cross-cutting driver accelerating progress towards SDGs 9, 12, 8, and 13, while simultaneously generating new systemic asymmetries that affect the entire 2030 Agenda framework. This highlights the need for multi-level governance capable of balancing innovation, inclusiveness, and technological accessibility.

**Conclusions** | The analysis carried out shows that the dual transition in the Made in Italy wood-fur-

niture sector is an evolving process, characterised by heterogeneous trajectories, yet united by a progressive integration of ecodesign strategies and digital tools.

Empirical evidence from the case studies suggests that the most significant results emerge when advanced digital technologies and ecodesign practices are integrated systematically, forming a decision-making infrastructure that makes the sustainability of both products and supply chains measurable, verifiable, and operationally actionable. The adoption of technologies such as digital twins, data-driven and artificial-intelligence-based systems, value chain solutions, and other digital tools for traceability – appropriately implemented in the four analysed companies – do not merely serve as tools for improving efficiency; rather, they redefine supply chain governance, the informational quality of products, and decision-making processes oriented towards sustainability.

At the same time, ecodesign practices – including Design for Modularity, Design for Disassembly, Design for Repairability, and Design for Durability – contribute to extending product lifespans, significantly reducing carbon footprints, and enhancing end-of-life valorisation of materials and furniture components, thereby increasing their circularity. Critically, the paper highlights not only opportunities but also the vulnerabilities of a sector predominantly composed of SMEs, deeply rooted in local territories and supported by a culture of craftsmanship and know-how, which, while representing a strong identity value, may slow down the adoption of ecodesign practices and digital and technological innovation. This ‘paradox of tradition’ illustrates how the richness of Italian manufacturing heritage can, in some cases, hinder processes of organisational and technological transformation,

especially when compared with more dynamic models adopted in other European countries.

The proposed analysis represents a relevant contribution to the scientific literature on the dual transition, which is typically focused on highly industrialised contexts. However, the study does not support generalisation of the results to the entire wood-furniture manufacturing sector. The analysed companies possess technical expertise, financial resources, and organisational capabilities that are not always present in more fragile firms in the sector. Furthermore, the lack of quantitative data on environmental performance – such as Life Cycle Assessment (LCA) studies, Carbon Footprint analyses, and circularity indicators – prevents the evaluation of performance evolution over time and systematic comparison with other European supply chains. The effectiveness of digital tools in end-of-life phases is also limited by the absence of shared standards, particularly a Digital Product Passport (DPP) specific to the wood-furniture sector, as well as by the lack of interoperable platforms across the value chain.

The transferability of the results appears feasible only under specific favourable conditions: a cohesive district-based industrial fabric, characterised by operational and cultural proximity; in-house expertise in design and research and development; shared digital infrastructures and uniform standards for data management; and financial capacity to support medium- to long-term investments. In the absence of such conditions, the dual transition risks exacerbating existing imbalances, leading to an ‘uneven’ transition that is difficult to scale at the sectoral level.

These limitations open up a set of relevant research questions for future research, outlining potential developments and areas still to be explored:

a) further investigating how digitalisation effectively influences product circularity, through the development of comparable metrics, shared protocols, and extensive datasets that enable the evaluation of organisational and design transformations; b) examining the nature of the trade-offs generated by the introduction of complex technologies, considering management costs, the energy demands of digital systems, and the risk of emerging forms of ‘digital greenwashing’, particularly in the absence of third-party verification and certified procedures; c) monitoring the ongoing development of European standards for the Digital Product Passport in the furniture sector, which currently remain fragmented and not fully interoperable; d) exploring multi-level governance models capable of making digital tools accessible to SMEs, preventing innovation from remaining confined to isolated cases.

In conclusion, the dual transition emerges as an opportunity to rethink the competitive positioning of Made in Italy – as a possible evolution of its manufacturing identity rather than as a process of standardisation. The challenge will be to transform the balance between tradition and innovation into a distinctive advantage, supported by reliable data, shared standards, and an ecosystem that enables this transition to be inclusive, scalable, and culturally coherent with the specificities of the wood-furniture sector. From this perspective, future developments cannot be limited to the introduction of new technologies alone; they must encompass systemic transformations that include skills, production cultures, evaluation tools, and collaborative models capable of guiding the sector towards a new, competitive, and sustainable paradigm.

## Acknowledgements

The study presented in this contribution was developed within the UNICAM Research Unit, coordinated by Prof. L. Pietroni, which has been engaged for several years in research on design for sustainability and in doctoral research on design for the circular economy, in collaboration with partner companies and consortia. In particular, the research presented in this contribution aligns with the ongoing doctoral theses of V. Giannetti and C. Di Flamminio within the National PhD Programme in Design for Made in Italy: Identity, Innovation and Sustainability, under the supervision of L. Pietroni, A. Gnaccarini, and D. Galloppo. The related doctoral scholarships were funded by the Italian Ministry of University and Research (MUR) through PNRR funds and co-financed by Cosmob (a technological centre dedicated to the manufacturing and wood-furniture sector). The Authors would like to thank the Italian Ministry of University and Research for supporting the PNRR doctoral scholarships, as well as Cosmob for its support and collaboration in promoting research on the circular economy and sustainable innovation.

## Notes

1) For further information on the projects related to MICS – Made in Italy Circolare e Sostenibile, see the webpage: [mics.tech/projects/](https://mics.tech/projects/) [Accessed 25 March 2026].

2) For further information on Catifa Carta, see the webpage: [arper.com/it\\_IT/collezioni/catifa-carta.html](https://arper.com/it_IT/collezioni/catifa-carta.html) [Accessed 25 March 2026].

3) For further information on Econa, see the webpage: [sitland.com/en/sustainability/](https://sitland.com/en/sustainability/) [Accessed 25 March 2026].

4) For further information on Drop – Dripping Creativity, see the webpage: [sitland.com/site/assets/files/4732/brochure\\_drop\\_sitland.pdf](https://sitland.com/site/assets/files/4732/brochure_drop_sitland.pdf) [Accessed 25 March 2026].

## References

- Antikainen, M., Uusitalo, T. and Kivikytö-Reponen, P. (2018), “Digitalization as an Enabler of Circular Economy”, in Sakao, T., Lindahl, M., Liu, Y. and Dalhammar, C. (eds), *10th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems (IPSS 2018)*, Linköping, Sweden, May 29-31, 2018, *Procedia CIRP*, vol. 73, Elsevier B.V., Amsterdam, pp. 45-49. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/j.procir.2018.04.027](https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.04.027) [Accessed 25 March 2026].
- Arper (2025), *Environmental Product Declaration – Catifa Carta*. [Online] Available at: [stylecraft-web-assets.s3.ap-southeast-2.amazonaws.com/app/uploads/2022/08/09155639/Arper\\_EP\\_D\\_CatifaCarta\\_ENG.pdf](https://stylecraft-web-assets.s3.ap-southeast-2.amazonaws.com/app/uploads/2022/08/09155639/Arper_EP_D_CatifaCarta_ENG.pdf) [Accessed 25 March 2026].
- Bajardelli, L. and Bolognini Cobianchi, A. (2024), *Economia circolare per le PMI – Dalla progettazione ai finanziamenti, dall’eco-design alla comunicazione*, FrancoAngeli, Milano.
- Barbero, S. and Ferrulli, E. (2023), “Transizione ecologica e digitale – Il Design Sistemico nei processi di innovazione aperta delle PMI | Ecological and digital transition – Systemic Design in SMEs open innovation processes”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 269-280. [Online] Available at: [doi.org/10.19229/2464-9309/13232023](https://doi.org/10.19229/2464-9309/13232023) [Accessed 25 March 2026].

10.19229/2464-9309/13232023 [Accessed 25 March 2026].

Bassi, A. (2017), *Design contemporaneo – Istruzioni per l’uso*, Il Mulino, Bologna.

Becattini, G. (1998), *Distretti industriale e Made in Italy – Le basi socioculturali del nostro sviluppo economico*, Bollati Boringhieri, Torino.

Ben Youssef, A. (2025), “Twin Transition – Digital Transformation Pathways for Sustainable Innovation”, in *Sustainability*, vol. 17, issue 21, article 9491, pp. 1-28. [Online] Available at: [doi.org/10.3390/su17219491](https://doi.org/10.3390/su17219491) [Accessed 25 March 2026].

Bettiol, M. (2015), *Raccontare il Made in Italy – Un nuovo legame tra cultura e manifattura*, Marsilio Editori, Venezia.

Bettiol, M. and Micelli, S. (2005), *Design e creatività nel made in Italy – Proposte per i distretti industriali*, Mondadori Bruno, Milano.

Buono, M., Capece, S. and Laudante, E. (2018), “Design e Artigianato 4.0 – Identità culturale territoriale e innovazione”, in *MD Journal*, vol. 5, pp. 28-39. [Online] Available at: [materialdesign.it/media/formato2/allegati\\_6413.pdf](https://materialdesign.it/media/formato2/allegati_6413.pdf) [Accessed 25 March 2026].

Charter, M. (ed.) (2018), *Designing for the Circular Economy*, Routledge, London. [Online] Available at: [doi.org/10.4324/9781315113067](https://doi.org/10.4324/9781315113067) [Accessed 25 March 2026].

Cianfanelli, E., Goretti, G., Stasi, R. and Tufarelli, M. (2018), “Saper fare del Made in Italy, tra tradizione e innovazione – Un confronto tra il comparto della pelletteria e quello dell’arredo in Toscana”, in *MD Journal*, vol. 5, pp. 40-49. [Online] Available at: [materialdesign.it/media/formato2/allegati\\_6519.pdf](https://materialdesign.it/media/formato2/allegati_6519.pdf) [Accessed 25 March 2026].

Circular Economy Network (2025), *7° Rapporto sull’e-*

conomia circolare in Italia – 2025. [Online] Available at: [circularconomy.network.it/wp-content/uploads/2025/05/Rapporto-sulleconomia-circolare-in-Italia-2025.pdf](http://circularconomy.network.it/wp-content/uploads/2025/05/Rapporto-sulleconomia-circolare-in-Italia-2025.pdf) [Accessed 25 March 2026].

Claudi de Saint Mihiel, A. (2024), “Design Made in Italy – Innovazione, ricerca e formazione | Made in Italy Design – Innovation, research and training”, in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 27, pp. 305-309. [Online] Available at: [doi.org/10.36253/techne-16065](https://doi.org/10.36253/techne-16065) [Accessed 25 March 2026].

D'Itria, E., Pei, X. and Bertola, P. (2024), “Designing Sustainability Today – An Analytical Framework for a Design for Sustainability Model in European Fashion and Furniture Industries”, in *Sustainability*, vol. 16, issue 8, article 3240, pp. 1-32. [Online] Available at: [doi.org/10.3390/su16083240](https://doi.org/10.3390/su16083240) [Accessed 25 March 2026].

Dellapiana, E. (2022), *Il design e l'invenzione del Made in Italy*, Einaudi, Torino.

EMF – Ellen MacArthur Foundation (2013), *Towards the circular economy – An economic and business rationale for an accelerated transition*. [Online] Available at: [ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an](https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an) [Accessed 25 March 2026].

European Commission (2021), *Commission Recommendation (EU) 2021/2279 of 15 December 2021 on the use of the Environmental Footprint methods to measure and communicate the life-cycle environmental performance of products and organisations*, document 32021H2279. [Online] Available at: [eur-lex.europa.eu/eli/reco/2021/2279/oj](https://eur-lex.europa.eu/eli/reco/2021/2279/oj) [Accessed 12 April 2026].

European Union (2024), *Regulation (EU) 2024/1781 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for sustainable products, amending Directive (EU) 2020/1828 and Regulation (EU) 2023/1542 and repealing Directive 2009/125/EC (Text with EEA relevance)*, document 32024R1781. [Online] Available at: [eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1781/oj](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1781/oj) [Accessed 25 March 2026].

EZ Lab (2025), *Tonin Casa*. [Online] Available at: [ezlab.it/en/portfolio/design-blockchain-en/tonin-casa-en/](https://ezlab.it/en/portfolio/design-blockchain-en/tonin-casa-en/) [Accessed 25 March 2026].

Faraca, G., Ranea Palma, A., Spiliotopoulos, C., Rodríguez-Manotas, J., Sanye Mengual, E., Amadei, A. M., Maury, T., Pasqualino, R., Wierzgala, P., Pérez-Camacho, M. N., Alfieri, F., Bernad Beltran, D., Lag Brotons, A., Delre, A., Perez Arribas, Z., Arcipowska, A., La Placa, M. G., Ardent, F., Mathieux, F. and Wolf, O. (2024), *Ecodesign for Sustainable Products Regulation – Study on new product priorities*, Publications Office of the European Union, Luxembourg. [Online] Available at: [doi.org/10.2760/7400680](https://doi.org/10.2760/7400680) [Accessed 25 March 2026].

Furmston, K. and Braithwaite, N. (2025), “How ‘Fast’ is Fast Furniture?”, in Laursen, L. N. and Hansen, A. K. (eds), *Proceedings of the 6th Product Lifetimes and the Environment Conference (PLATE2025)*, Aalborg, Denmark, July 2-4, 2025, Aalborg University Open Publishing, Aalborg, pp. 1-8. [Online] Available at: [doi.org/10.54337/plate2025-10320](https://doi.org/10.54337/plate2025-10320) [Accessed 25 March 2026].

Guangju, W., Batool, F., Hussain, S., Jabeen, M., Ali, M. and Afzal, A. (2025), “Impact of Industry 4.0 and 5.0 Technologies on Circular Economy and Sustainable Performance Using Hybrid PLS-SEM and ANN Approach”, in *Human Behavior and Emerging Technologies*, vol. 2025, issue 1, article 9920983, pp. 1-15. [Online] Available at: [doi.org/10.1155/hbe2/9920983](https://doi.org/10.1155/hbe2/9920983) [Accessed 25 March 2026].

Hein, N., Münter, M. T. and Zimmermann, V. (2026), “Green, digital, or twin strategic orientation – What drives environmental sustainability and digitalization in German innovative SMEs?”, in *Journal of Innovation & Knowledge*, vol. 12, article 100896, pp. 1-16. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/j.jik.2025.100896](https://doi.org/10.1016/j.jik.2025.100896) [Accessed 25 March 2026].

Intesa Sanpaolo (2025), *Economia e finanza dei distretti industriali – Rapporto annuale*, n. 17. [Online] Available at: [group.intesasanpaolo.com/content/dam/portalgroup/repository-documenti/research/it/economia-e-finanza-dei](https://group.intesasanpaolo.com/content/dam/portalgroup/repository-documenti/research/it/economia-e-finanza-dei)

distretti/2025/Economia\_e\_finanza\_distretti\_industriali\_nr\_17.pdf [Accessed 25 March 2026].

Islam, M. I., Haq, H. M., Hossain, M. F., Biswas, H. and Uddin, M. B. (2025), “Innovative Solutions for Sustainable Fashion – QR Code-Driven Pre-Consumer Waste Sorting in Garment Manufacturing”, in *Materials Circular Economy*, vol. 7, article 49, pp. 1-14. [Online] Available at: [doi.org/10.1007/s42824-025-00196-3](https://doi.org/10.1007/s42824-025-00196-3) [Accessed 25 March 2026].

Kraus, S., Jones, P., Kailer, N., Weinmann, A., Chaparro-Banegas, N. and Roig-Tierno, N. (2021), “Digital Transformation – An Overview of the Current State of the Art of Research”, in *SAGE Open*, vol. 11, issue 3, pp. 1-15. [Online] Available at: [doi.org/10.1177/215824402111047576](https://doi.org/10.1177/215824402111047576) [Accessed 25 March 2026].

Maffei, S., Bolzan, P., Bianchini, M., Zeccara, F., Barbero, S., Campagnaro, C., Di Prima, N., Filippini, A., Puglielli, M., Rosato, L., Lotti, G. and Pontillo, G. (2024), “Svelare la complessità della transizione circolare per il settore del mobile imbottito | Unveiling the complexity of circular transition for the upholstered furniture sector”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 304-313. [Online] Available at: [doi.org/10.19229/2464-9309/16252024](https://doi.org/10.19229/2464-9309/16252024) [Accessed 25 March 2026].

Mesa, J. A. (2023), “Design for circularity and durability – An integrated approach from DFX guidelines”, in *Research in Engineering Design*, vol. 34, pp. 443-460. [Online] Available at: [doi.org/10.1007/s00163-023-00419-1](https://doi.org/10.1007/s00163-023-00419-1) [Accessed 25 March 2026].

MIMI – Ministero delle Imprese e del Made in Italy (2026), *Made in Italy 2030 – Per una nuova strategia industriale*. [Online] Available at: [mimit.gov.it/images/stories/documenti/Made\\_in\\_Italy\\_2030\\_-\\_Per\\_una\\_nuova\\_strategia\\_industriale.pdf](https://mimit.gov.it/images/stories/documenti/Made_in_Italy_2030_-_Per_una_nuova_strategia_industriale.pdf) [Accessed 25 March 2026].

Natuzzi S.p.A. (2025), *Annual Report on Form 20-F – 2024*. [Online] Available at: [natuzzigroup.com/pdf/ir/annual-reports/annual-report-2024.pdf](https://natuzzigroup.com/pdf/ir/annual-reports/annual-report-2024.pdf) [Accessed 8 March 2026].

Natuzzi S.p.A. (2023), *Natuzzi Company Profile*. [Online] Available at: [natuzzigroup.com/pdf/ir/NTZ\\_Company\\_Profile\\_May\\_2023.pdf](https://natuzzigroup.com/pdf/ir/NTZ_Company_Profile_May_2023.pdf) [Accessed 25 March 2026].

Natuzzi S.p.A. (2022), *Annual Report on Form 20-F – 2021*. [Online] Available at: [natuzzigroup.com/pdf/ir/annual-reports/annual-report-2021.pdf](https://natuzzigroup.com/pdf/ir/annual-reports/annual-report-2021.pdf) [Accessed 25 March 2026].

Pagoropoulos, A., Pigosso, D. C. A. and McAloone, T. C. (2017), “The emergent role of digital technologies in the Circular Economy – A review”, in McAloone, T. C., Pigosso, D. C. A., Mortensen, N. H. and Shimomura, Y. (eds), *9th CIRP IPSS Conference – Circular Perspectives on Product/Service-Systems*, Kongens Lyngby, Denmark, June 19-21, 2017, Procedia CIRP, vol. 64, Elsevier B.V., Amsterdam, pp. 19-24. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.047](https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.047) [Accessed 25 March 2026].

Pehlken, A., Davila, M. F., Dawel, L. and Meyer, O. (2024), “Digital Twins – Enhancing Circular Economy through Digital Tools”, in Settineri, L. and Priarone, P. C. (eds), *31st CIRP Conference on Life Cycle Engineering (LCE 2024)*, Turin, Italy, June 19-21, 2024, Procedia CIRP, vol. 122, Elsevier B.V., Amsterdam, pp. 563-568. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/j.procir.2024.01.082](https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.01.082) [Accessed 25 March 2026].

Pietroni, L., Di Stefano, A. and Galloppo, D. (2023), “Il design modulare verso l'economia circolare – Dal 'fare per disfare' al 'fare per rifare' | Modular design towards the circular economy – From 'making to unmake' to 'making to remake'”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 274-283. [Online] Available at: [doi.org/10.19229/2464-9309/14232023](https://doi.org/10.19229/2464-9309/14232023) [Accessed 25 March 2026].

Ricciardi, A. (2013), “I distretti industriali italiani – Recenti tendenze evolutive”, in *Sinergie, rivista di studi e ricerche*, vol. 31, issue May-Aug, pp. 21-58. [Online] Available at: [doi.org/10.7433/s91.2013.03](https://doi.org/10.7433/s91.2013.03) [Accessed 25 March 2026].

Rigillo, M., Galluccio, G. and Paragliola, F. (2023), “Digitale e circolarità in edilizia – Le KETs per la gestione degli scarti in UE | Digital and circularity in building – KETs for waste management in the European Union”, in *Agathón |*

*International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 247-258. [Online] Available at: [doi.org/10.19229/2464-9309/13212023](https://doi.org/10.19229/2464-9309/13212023) [Accessed 25 March 2026].

Robertson, G. and Lapiņa, I. (2023), “Digital transformation as a catalyst for sustainability and open innovation”, in *Journal of Open Innovation | Technology, Market, and Complexity*, vol. 9, issue 1, article 100017, pp. 1-14. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100017](https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100017) [Accessed 25 March 2026].

SAP News Center Italy (2024), “Natuzzi sceglie RISE with SAP per supportare il suo progetto di trasformazione digitale e di migrazione sul cloud”, in *news.sap.com*, 08/04/2024. [Online] Available at: [news.sap.com/italy/2024/04/natuzzi-sceglie-rise-with-sap-per-supportare-il-suo-progetto-di-trasformazione-digitale-e-di-migrazione-sul-cloud/](https://news.sap.com/italy/2024/04/natuzzi-sceglie-rise-with-sap-per-supportare-il-suo-progetto-di-trasformazione-digitale-e-di-migrazione-sul-cloud/) [Accessed 25 March 2026].

Sardjono, W., Hidayah, A. R., Indriarto, A. E., Sarim, Radito, I. and Perdana, W. G. (2025), “The Furniture Industry's Use of Digital Supply Chain – A Sustainable Strategy for Growth and Efficiency”, in *ICIMCIS 2025 – Proceedings of the 2025 International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Information System, Jakarta, Indonesia, December 3-4, 2025*, IEEE, New York, pp. 610-614. [Online] Available at: [doi.org/10.1109/ICIMCIS68501.2025.11327315](https://doi.org/10.1109/ICIMCIS68501.2025.11327315) [Accessed 25 March 2026].

Tan, E. S. H., Lee, A. W. L., Shekar, Y. C. and Tan, Y. S. (2024), “Design for Circularity – A Framework for Sustainable Product Redesign”, in Settineri, L. and Priarone, P. C. (eds), *31st CIRP Conference on Life Cycle Engineering (LCE 2024)*, Turin, Italy, June 19-21, 2024, Procedia CIRP, vol. 122, Elsevier B.V., Amsterdam, pp. 479-484. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/j.procir.2024.01.070](https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.01.070) [Accessed 25 March 2026].

Temperini, V., Gregori, G. L. and Palanga, P. (2016), “The Brand Made in Italy – A Critical Analysis”, in *Management Studies*, vol. 4, issue 3, pp. 93-103. [Online] Available at: [researchgate.net/publication/287127237\\_The\\_Brand\\_Made\\_in\\_Italy\\_A\\_Critical\\_Analysis](https://researchgate.net/publication/287127237_The_Brand_Made_in_Italy_A_Critical_Analysis) [Accessed 25 March 2026].

Tonin Casa (2025), *Tonin Casa – Company Profile*. [Online] Available at: [tonincasa.it/public/20252307-company-profile-ita-ok.pdf](https://tonincasa.it/public/20252307-company-profile-ita-ok.pdf) [Accessed 25 March 2026].

Tosi, F. (2015), “Made in Italy – L'eccellenza del saper fare”, in Tosi, F., Lotti, G., Follesa, S. and Rinaldi, A. (eds), *Artigianato Design Innovazione – Le nuove prospettive del saper fare*, DIDAPress, Firenze, pp. 18-25. [Online] Available at: [issuu.com/dida-unifi/docs/artigianato\\_design\\_innovazione](https://issuu.com/dida-unifi/docs/artigianato_design_innovazione) [Accessed 25 March 2026].

UN – United Nations (2015), *Transforming our World – The 2030 Agenda for Sustainable Development*, document A/RES/70/1. [Online] Available at: [sdgs.un.org/2030agenda](https://sdgs.un.org/2030agenda) [Accessed 25 March 2026].

Unioncamere and Centro Studi delle Camere di Commercio Guglielmo Tagliacarne (2024), *Ruolo e potenziale economico della filiera del legno*. [Online] Available at: [unioncamere.gov.it/sites/default/files/Ambiente/LEGNA-ME/IGT\\_Presentazione%20progetto%20legname.pdf](https://unioncamere.gov.it/sites/default/files/Ambiente/LEGNA-ME/IGT_Presentazione%20progetto%20legname.pdf) [Accessed 25 March 2026].

Vezzoli, C. (2017), *Design per la sostenibilità ambientale – Progettare il ciclo di vita dei prodotti*, Zanichelli, Bologna.

Wu, D. and Pi, Y. (2023), “Digital technologies and product-service systems – A synergistic approach for manufacturing firms under a circular economy”, in *Journal of Digital Economy*, vol. 2, pp. 37-49. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/j.jdec.2023.04.001](https://doi.org/10.1016/j.jdec.2023.04.001) [Accessed 25 March 2026].

Yang, D. and Vezzoli, C. (2024), “Designing environmentally sustainable furniture products – Furniture-Specific Life Cycle design guidelines and a toolkit to promote environmental performance”, in *Sustainability*, vol. 16, issue 7, article 2628, pp. 1-26. [Online] Available at: [doi.org/10.3390/su16072628](https://doi.org/10.3390/su16072628) [Accessed 25 March 2026].