



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI ECONOMIA “GIORGIO FUÀ”

Corso di Laurea Magistrale in Management della Sostenibilità ed Economia Circolare

**Lo sviluppo sostenibile industriale nelle
aziende: l’innovazione tecnologica applicata
alla sostenibilità. Il caso di T-Trade Group.**

*Sustainable industrial development in companies: technological
innovation applied to sustainability. The case of T-Trade Group.*

Relatore: Chiar.mo
Prof. Bartoloni Sara

Tesi di Laurea di:
Baldoni Marco

Anno Accademico 2022 – 2023

*A mia madre, mio padre e mio fratello,
che ci sono sempre stati. Dedico a loro
questo traguardo.*

INDICE

INTRODUZIONE	5
CAPITOLO 1 – ECONOMIA CIRCOLARE: CONCETTI E SVILUPPI	8
1.1. L’inquinamento ambientale industriale	8
1.2. Il concetto di economia circolare e la sua evoluzione nel tempo	20
1.3. I principi dell’economia circolare	26
1.4. La simbiosi industriale.....	28
1.5. I business model sostenibili	30
1.6. L’Unione Europea a favore dell’economia circolare.....	38
CAPITOLO 2 – L’INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER LA SOSTENIBILITÀ E L’ECONOMICA CIRCOLARE	45
2.1. Lo sviluppo dell’innovazione tecnologica nell’economia circolare	45
2.1.1. L’internet delle cose (IoT)	50
2.1.2. Additive Manufacturing.....	54
2.2. L’Eco-Design.....	60
2.3. Le strategie di implementazione dell’eco-progettazione in azienda.....	64
2.4. Lo studio LCA	70
CAPITOLO 3 – LA SOSTENIBILITÀ DELLE ETICHETTE NELLA GRANDE DISTRIBUZIONE ORGANIZZATA	77
3.1. Etichette: concetti e tipologie	77
3.2. Il processo di etichettatura	85
3.3. Etichette e Packaging.....	87

3.4. La filiera delle etichette: verso la sostenibilità	89
3.5. La sostenibilità nelle etichette.....	94
3.6. Le etichette liner e linerless: lo smaltimento della carta adesiva siliconata	100
CAPITOLO 4 – IL CASO DI T-TRADE GROUP: REALTA’ ITALIANA PIONIERA DELLO SVILUPPO SOSTENIBILE INDUSTRIALE.....	106
4.1. Obiettivo e metodologia di ricerca.....	106
4.2. Descrizione dell’azienda.....	108
4.3. Il concetto di sostenibilità in T-Trade Group: le linee strategiche di azione.....	113
4.4. Bilancio di Sostenibilità, Comunità e Partnership.....	118
4.5. Innovazione tecnologica e sostenibilità: le soluzioni di T-Trade Group ..	122
4.5.1. Metodologia e assetto aziendale applicati alla realizzazione dei progetti	123
4.5.2. La TT-Hourglass.....	128
4.5.3. Impatto ambientale della TT-Hourglass: un’analisi LCA	131
4.6. Progetti futuri e sviluppi futuri	138
4.7. Implicazioni manageriali conclusive	143
CONCLUSIONE.....	147
BIBLIOGRAFIA	150
SITOGRAFIA	172
ELENCO DELLE FIGURE PRESENTI NEL TESTO	173

INTRODUZIONE

I sistemi di consumo e di produzione attuali basati sull'impiego di grandi quantità di materie, di risorse e di energia stanno mettendo in discussione la loro disponibilità volta al soddisfacimento dei bisogni primari delle generazioni future. Al giorno d'oggi, è quindi essenziale intraprendere la via della sostenibilità, ovvero adottare e compiere scelte in armonia con l'ambiente sia dal punto di vista consumistico che dal punto di vista industriale. Per questo conciliare obiettivi di sviluppo sostenibile ed economia circolare con pratiche industriali tecnologiche sembra essere la strada per contrastare gli effetti del cambiamento climatico e del continuo inquinamento. In quest'ottica vengono ridefiniti molti concetti, come quello del rifiuto, volto a non essere più inteso come scarto ma come nuova risorsa impiegata, come input per i successivi cicli produttivi attraverso l'impiego di strategie di recupero, disassemblaggio, riuso o riciclo. Per fare in modo che questa fusione tra economia circolare e sviluppo tecnologico industriale esista, è necessario intervenire, oltre al contesto politico normativo, negli usi e nei ragionamenti delle persone e delle aziende modificando i loro consumi, i sistemi di progettazione e di produzione e il contesto socioculturale.

Lo scopo della presente tesi è quello di approfondire il concetto di economia circolare da un punto di vista teorico e applicato al settore industriale, esaminando le potenzialità che l'innovazione tecnologica può generare allo sviluppo sostenibile.

Per realizzare questo obiettivo, si esaminerà il caso dell'azienda italiana T-Trade Group, pioniera dello sviluppo sostenibile industriale nel mondo dell'etichettatura, stampanti e packaging.

La tesi si sviluppa in quattro capitoli.

Nel primo, si approfondisce il concetto di economia circolare, in che modo esso può essere applicato in azienda, seguendo i suoi principi e adottando business model sostenibili e quali sono le politiche dell'Unione Europea a sostegno dell'economia circolare.

Nel secondo capitolo, si analizza il contributo che la tecnologica può offrire a favore dello sviluppo sostenibile. Si descrivono le molteplici varietà che possono contribuire all'insediamento dell'innovazione tecnologica all'interno delle industrie come l'IoT, la stampa 3d e le strategie di Eco-Progettazione finalizzata a raggiungere target sostenibili.

Nel terzo capitolo, si descrive in maniera dettagliata il settore delle etichette e dell'etichettatura, partendo dai concetti e dalle tipologie di etichette per arrivare alla filiera delle etichette sostenibili.

Infine, nel quarto capitolo, viene riportato il caso dell'azienda T-Trade Group, che combina l'innovazione tecnologica con le strategie di eco-progettazione ed economia circolare per realizzare i vantaggi competitivi che attualmente possiede nel mercato delle etichette. Si sono analizzati diversi progetti aziendali, in particolare il progetto TT-Hourglass, per esplicitare con esempi reali e concreti

quale impatto può generare l'innovazione tecnologica industriale a favore dell'ambiente e della comunità.

CAPITOLO 1 – ECONOMIA CIRCOLARE: CONCETTI E SVILUPPI

1.1. L'inquinamento ambientale industriale

Il cambiamento climatico globale è un fenomeno di vasta portata che si sta verificando da tempo e le sue manifestazioni sono sempre più evidenti, rappresentando una minaccia significativa per le società e la stabilità degli ecosistemi naturali. L'aumento delle temperature ambientali e i cambiamenti nei processi climatici sono strettamente correlati all'aumento delle concentrazioni di gas serra di origine antropica nell'atmosfera, derivanti principalmente dalle attività industriali e di combustione dei combustibili fossili. Gli impatti potenziali sulla capacità dei sistemi agricoli di garantire una fornitura adeguata di cibo, foraggi, fibre e combustibili, e di mantenere servizi eco sistemici stabili, sono motivo di crescente preoccupazione. Numerosi studi scientifici hanno evidenziato come il cambiamento climatico possa influenzare negativamente la produzione agricola, compromettendo la resa e la qualità dei raccolti (Parry et al., 2004). Modelli meteorologici in cambiamento portano all'aumento dell'imprevedibilità delle precipitazioni, mettendo a rischio la sicurezza alimentare e l'approvvigionamento idrico per l'agricoltura. L'innalzamento del livello del mare, a sua volta, minaccia le riserve di acqua dolce costiere, aumentando il rischio di inondazioni catastrofiche che possono compromettere gravemente le terre agricole e le comunità costiere. Il riscaldamento dell'atmosfera globale ha un impatto significativo sui poli terrestri.

Studi scientifici hanno documentato l'aumento della temperatura nelle regioni artiche e antartiche, portando a un rapido scioglimento dei ghiacci e cambiamenti drastici negli ecosistemi polari. Ciò ha conseguenze dirette sulla fauna e la flora locali, nonché sulle specie che dipendono da questi habitat unici. L'accelerato scioglimento dei ghiacci contribuisce anche all'aumento del livello del mare, con conseguenze disastrose per le comunità costiere e gli ecosistemi costieri in tutto il mondo (Walther et al., 2002).

Tuttavia, il cambiamento climatico globale non è l'unica sfida a cui siamo confrontati. La crescente popolazione mondiale sta mettendo sempre più in crisi le risorse naturali, compresi i terreni agricoli e le risorse idriche (Haberl et al., 2007). Il rapido aumento demografico richiede una maggiore produzione alimentare e una maggiore pressione sulle risorse naturali, contribuendo ulteriormente all'esaurimento e alla degradazione degli ecosistemi e all'inquinamento industriale. È diventato fondamentale adottare politiche e pratiche sostenibili per mitigare il cambiamento climatico, proteggere le risorse naturali e garantire una sostenibilità a lungo termine per le future generazioni.

“L'inquinamento altera un mezzo come l'aria, l'acqua o il suolo in modo tale da riuscire a renderlo dannoso per le persone o per la natura”¹. Il più delle volte tale danno è causato dall'uomo. Fin dalla nascita dell'uomo, egli per poter sopravvivere

¹ European Environment Agency (2021)

ha sempre utilizzato e abusato delle risorse della Terra. I primi uomini già con l'utilizzo del fuoco emettevano fumi e ceneri da sostanze bruciate, trasportate poi dal vento e depositate sui suoli e nelle acque. Durante l'età della pietra, che va dalla preistoria alla nascita delle prime civiltà, l'impatto dell'uomo sull'ambiente era relativamente limitato. La popolazione umana dipende dalla caccia, dalla pesca e dalla raccolta di cibo per sopravvivere (Grayson, 2011). Le attività umane, sebbene su piccola scala, possono comunque avere un impatto sull'ambiente locale, come l'esaurimento delle risorse alimentari o l'alterazione degli ecosistemi a causa di incendi controllati. Con l'ascesa delle prime civiltà come la Mesopotamia e l'Egitto, sono emerse pratiche agricole e tecniche di irrigazione che hanno portato ad un aumento della produzione alimentare. Tuttavia, le pratiche agricole intensive e l'uso di letame animale possono aver causato l'erosione del suolo e l'inquinamento delle acque circostanti. Inoltre, la deforestazione per spianare la strada all'agricoltura ha colpito la biodiversità e gli habitat naturali. Durante l'Impero Romano, l'inquinamento divenne un problema serio (Pribyl et al., 2017). L'utilizzo su larga scala di acquedotti, reti fognarie e bagni pubblici ha comportato un forte consumo di risorse idriche e lo smaltimento di rifiuti e liquami nelle città (Sadori et al., 2013). L'estrazione mineraria su larga scala ha portato a una maggiore contaminazione delle acque superficiali e del suolo circostante con metalli pesanti come il piombo. Anche l'uso diffuso di combustibili fossili come carbone e grasso nelle città romane ha contribuito all'inquinamento atmosferico, creando fuliggine e fumo. Durante il

Medioevo, l'inquinamento delle acque continuò ad essere un problema serio, soprattutto nelle città affollate (Hoffmann, et al., 2014)². Le cattive condizioni sanitarie e le infrastrutture inadeguate per il trattamento delle acque reflue hanno provocato l'accumulo di rifiuti e l'inquinamento delle acque, portando a malattie ed epidemie. L'utilizzo del carbone come combustibile per l'industria e per il riscaldamento domestico ha portato ad un aumento dell'inquinamento atmosferico, con emissione di fumi e sostanze nocive. Numerosi i danni subiti ai monumenti storici (Curtis, 2001). La rivoluzione industriale avvenuta nella seconda metà del Settecento segnò una svolta importante nel problema dell'inquinamento ambientale. Con l'avvento del motore a vapore e l'ascesa delle industrie manifatturiere su larga scala, la quantità di emissioni nocive e polvere che entra nell'atmosfera è aumentata notevolmente (Barbieri et al. 2019). Le fabbriche tessili, siderurgiche e minerarie scaricano rifiuti tossici e sostanze chimiche direttamente nei fiumi e negli oceani circostanti, causando un grave inquinamento delle acque. Dal 19° secolo, l'introduzione di nuovi prodotti chimici di sintesi e i progressi nell'industria chimica hanno portato a vari problemi di inquinamento. L'uso diffuso di pesticidi in agricoltura, come il DDT, ha causato danni alla fauna selvatica e al fragile equilibrio degli ecosistemi (Hickey et al. 1969)³. La contaminazione di metalli pesanti, come

². Hoffmann, Richard. *An environmental history of medieval Europe*. Cambridge University Press, 2014.

³ Hickey, J. J.; Anderson, D. W. (1968). *Chlorinated Hydrocarbons and Eggshell Changes in Raptorial and Fish-Eating Birds*. *Science*, 162(3850), 271–273.

mercurio e piombo, dall'estrazione e dalla combustione di combustibili fossili è diventata una preoccupazione crescente. Il disastro nucleare di Chernobyl del 1986 e il disastro di Fukushima del 2011 hanno evidenziato gli enormi rischi associati all'energia nucleare e alla contaminazione radioattiva. Questi incidenti hanno conseguenze a lungo termine per la salute umana e l'ambiente, evidenziando la necessità di una gestione sicura e responsabile delle risorse di energia nucleare. Negli ultimi decenni è aumentata la consapevolezza dei problemi ambientali legati all'inquinamento e l'impegno per risolverli. Sono state introdotte leggi e regolamenti per limitare le emissioni industriali, migliorare la gestione dei rifiuti e promuovere pratiche sostenibili. Tuttavia, l'inquinamento industriale rimane una sfida globale, soprattutto nelle economie in via di sviluppo che affrontano una rapida industrializzazione. Insomma, l'inquinamento ambientale è un problema che accompagna l'umanità fin dall'inizio. Le attività umane hanno causato impatti significativi sull'ambiente, dalla deforestazione all'inquinamento atmosferico, dall'inquinamento idrico all'inquinamento chimico. È essenziale continuare a

promuovere politiche e pratiche sostenibili per ridurre l'inquinamento e proteggere l'ambiente per le generazioni future.

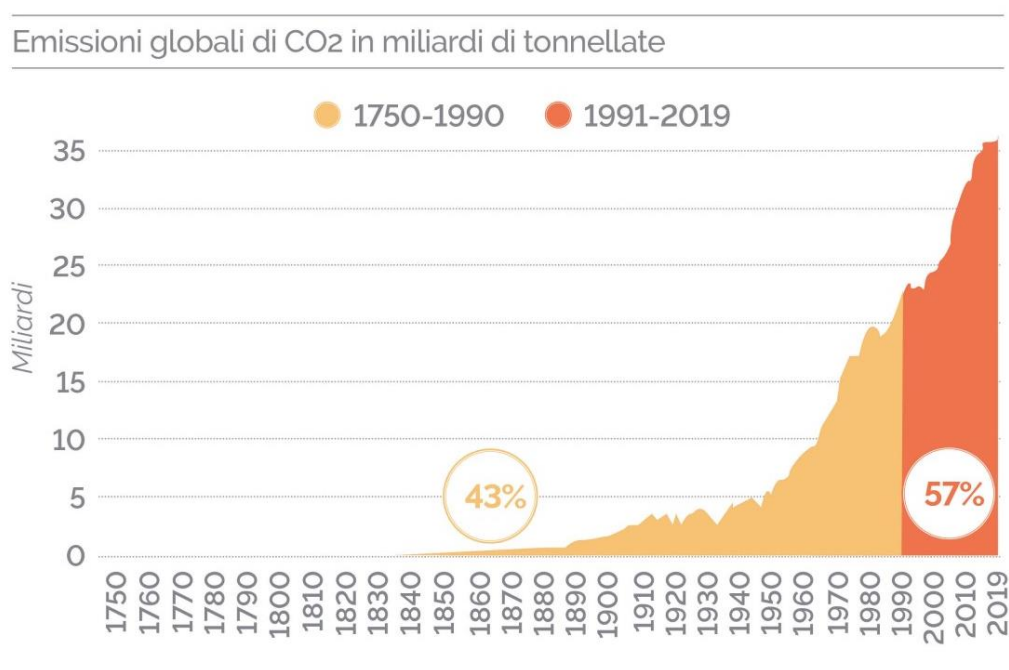


Fig. 1: Inquinamento globale, aumento esponenziale delle emissioni di CO2. Fonte: OWID

La figura 1 mostra appunto come negli ultimi 250 anni è aumentata vertiginosamente l'emissione di gas clima alteranti nell'atmosfera.

Con l'arrivo della prima rivoluzione industriale nel 1760 e delle comodità della seconda nel 1860 si vede in giallo ocra come aumentano in maniera esponenziale le emissioni anno dopo anno di CO2 in miliardi di tonnellate nell'aria, e

definitivamente espandersi nel 1980 e 1990 grazie alle successive rivoluzioni industriali.

Infatti, la terza e la quarta rivoluzione industriale (Industria 4.0) fecero decollare gli sviluppi tecnologici, industriali, economici e sociali avvenuti dopo la seconda guerra mondiale che portarono ad ottime condizioni di vita e di prosperità nei paesi sviluppati tralasciando le zone del mondo più povere e l'ambiente.

L'inquinamento industriale, quindi, è una delle principali cause di inquinamento che il pianeta sta subendo attualmente. Di fatto, le industrie generano danni sotto ogni punto di vista ambientale:

- L'inquinamento dell'aria: l'inquinamento atmosferico industriale è sicuramente il più impattante e fuori controllo (Rafiul et al., 2019). Le principali fonti di inquinamento atmosferico industriale includono le centrali elettriche a carbone, le industrie chimiche, le raffinerie, le industrie manifatturiere e le attività di estrazione mineraria. Queste attività emettono diverse sostanze inquinanti come il Biossido di Zolfo (SO₂) che può causare irritazione delle vie respiratorie, danneggiare le piante e contribuire all'acidificazione delle piogge, l'Ossido di Azoto (NO_x) che contribuisce alla formazione di smog e può causare problemi respiratori, danneggiare l'ambiente e contribuire al cambiamento climatico, e il Particolato (PM) che, se inalato, causa danni polmonari, problemi cardiovascolari e altri effetti sulla salute. Le esposizioni prolungate a questi inquinanti portano nei casi più comuni ad indebolimenti del sistema respiratorio e nei casi più gravi a morti

premature (Strickland et al., 2010). Ed attualmente poco meno del 90 per cento dei cittadini europei che vivono nelle città è esposto a livelli di qualità sufficienti per la salute umana⁴. Il livello di concentrazione degli inquinanti è superiore rispetto al livello della qualità dell'aria che una città dovrebbe avere⁵. Oltre ai gravi danni che provoca alla salute degli esseri viventi, l'inquinamento atmosferico industriale danneggia e degrada anche i beni del patrimonio storico-artistico e vari servizi ecosistemici.

- L'inquinamento delle acque: l'inquinamento marino consiste in qualsiasi cambiamento chimico, fisico o biologico nella qualità delle acque condotto da un'azione antropica o naturale la quale produce effetti nocivi alla salute per chi la beve, la usa o vive in essa. L'inquinamento dell'acqua da uso agricolo e industriale è considerato l'inquinamento più diffuso e dannoso (Hambling et al. 2011)⁶. Le principali fonti di inquinamento delle acque per via industriale includono lo scarico diretto di rifiuti liquidi, le perdite di sostanze chimiche durante il trasporto, le fuoriuscite accidentali e i rifiuti solidi prodotti dalle attività di produzione industriale (Subhashini et al. 2013). Ciò perché l'attività industriale altera le condizioni dell'acqua attraverso l'eccessivo utilizzo di sostanze chimiche tossiche come metalli pesanti, solventi organici e oli minerali. Inoltre le industrie producono

⁴ European Environment Agency (2021).

⁵ Secondo l'European Environment Agency, si stima che il particolato sottile, PM 2.5, riduca l'aspettativa di vita dei cittadini europei di più di 8 mesi.

⁶ Hambling T, Weinstein P, Slaney D. A review of frameworks for developing environmental health indicators for climate change and health. *Int J Environ Res Public Health* 2011;8(7):2854-75

scarichi contenenti elevate concentrazioni di nutrienti come azoto e fosforo che causano eutrofizzazione nelle acque e nei laghi. Infine, alcune industrie come le centrali termoelettriche utilizzano grandi quantità di acqua per il raffreddamento dei processi per poi riversarla nelle acque superficiali. Questo può causare un innalzamento della temperatura dell'acqua danneggiando la biodiversità acquatica e alterando gli equilibri ecologici.

- L'inquinamento del suolo: l'accumulo dei rifiuti solidi urbani e degli scarichi industriali direttamente sui terreni e l'uso di prodotti quali fertilizzanti chimici e pesticidi intaccano gravemente la salute del suolo terrestre (Mirsal, 2008)⁷. Queste particolari azioni vanno a proliferare l'arrivo di insetti e roditori (portatori di malattie) tra i rifiuti organici e la lenta o addirittura mancata degradabilità di quelli inorganici come carta o metalli. Gli effetti di questi inquinanti per il suolo significa un'alterazione del metabolismo delle piante portando ad una diminuzione nella produzione del raccolto. Inoltre, stringe il cerchio dei campi utilizzabili alla coltivazione poiché l'inquinamento potrebbe far perdere fertilità e stabilità creando fenomeni di erosione (Fernandez et al. 2019). Anche la fauna, nel lungo periodo, ne sentirebbe le conseguenze.

- L'inquinamento acustico: l'inquinamento viene spesso attribuito all'aria, all'acqua e al suolo ma anche il rumore può nuocere gravemente alla salute

⁷ Mirsal, Ibrahim A. *Soil pollution*. Berlin: Springer, 2008.

dell'uomo e degli animali. Le industrie sono spesso fonti significative di rumore e inquinamento acustico. Macchinari ad alta intensità sonora, attività di costruzione e trasporto di merci possono contribuire a livelli di rumore elevati che possono causare disturbi del sonno, problemi di salute e impatti negativi sulla fauna selvatica (Mahmoudabadi et al. 2017). Si stima in Europa che oltre 1/3 della popolazione europea sia esposta ad elevati livelli di rumore stradale e industriale⁸. L'essere esposti per lungo tempo a certi livelli di decibel può essere cagionevole alla salute umana causando problemi all'udito, sordità improvvisa e casi di cardiopatie ischemiche⁹, oltre a forti disturbi del sonno. L'Ue ha predisposto la direttiva sul rumore ambientale¹⁰ nella quale definisce determinate soglie di segnalazione da non superare, al fine di misurare l'esposizione delle persone a livelli di rumore associati a fastidi o per valutare i disturbi del sonno legati al rumore eccessivo. Anche la fauna selvatica e domestica ne risente dell'inquinamento acustico come nei casi dimostrati dei danni provocati all'udito delle balene che minacciano la loro possibilità di comunicare fra loro e di trovare cibo ma anche nei casi degli animali domestici in vista delle festività di fine anno. Numerosi ogni anno sono i casi di cani e gatti scappati dalle proprie abitazioni per i continui e innumerevoli rumori

⁸ <https://www.eea.europa.eu/it/segnali/segnali-2020/articles/12019inquinamento-acustico-e-ancora-diffuso#:~:text=Secondo%20una%20recente%20relazione%20sul%20di%20inquinamento%20acustico%20in%20Europa>.

⁹ Le cardiopatie ischemiche sono patologie provocate dalla mancata irrorazione di sangue ricco di ossigeno al muscolo cardiaco. Fonte: IRCCS.

¹⁰ Direttiva Ue 96/61/CE

forti improvvisi. Tuttavia ogni Paese europeo sta provvedendo a combattere le minacce dell'inquinamento acustico adottando sempre più spesso le cosiddette zone silenziose¹¹ o migliorando il traffico stradale con asfalti più lisci e concentrando il traffico nelle periferie.

- Impatto sulla biodiversità: L'inquinamento industriale può influire negativamente sulla biodiversità e sulla salute degli ecosistemi (Rodriguez da Silva et al. 2020). L'emissione di sostanze chimiche tossiche può uccidere o danneggiare le piante, gli animali e gli insetti che dipendono da un ambiente sano. L'inquinamento atmosferico può anche portare all'acidificazione dei suoli e delle acque, alterando gli habitat naturali e minacciando la sopravvivenza di molte specie.

- Effetti sulla salute umana: L'esposizione a sostanze inquinanti derivanti dalle attività industriali può causare una serie di problemi di salute, tra cui malattie respiratorie, malattie cardiovascolari, problemi neurologici, disturbi endocrini e cancro (Mudu, 2014)¹². Le popolazioni che vivono vicino alle aree industriali possono essere particolarmente vulnerabili a tali effetti, soprattutto legati all'inquinamento acustico e atmosferico.

¹¹ Si trattano di parchi e altri spazi verdi in cui gli abitanti possono sfuggire al rumore cittadino e la loro creazione e protezione è incentivata dalle normative europee. Fonte: Ministero della Transizione Ecologica

¹² Mudu, Pierpaolo, Benedetto Terracini, and Marco Martuzzi. *Human health in areas with industrial contamination*. World Health Organization. Regional Office for Europe, 2014.

Il grafico 2 sottostante raffigura l'indice EPI, ovvero l'Indice di Prestazione Ambientale. L'EPI fornisce una base quantitativa per confrontare, analizzare e comprendere le prestazioni ambientali per 180 paesi¹³.

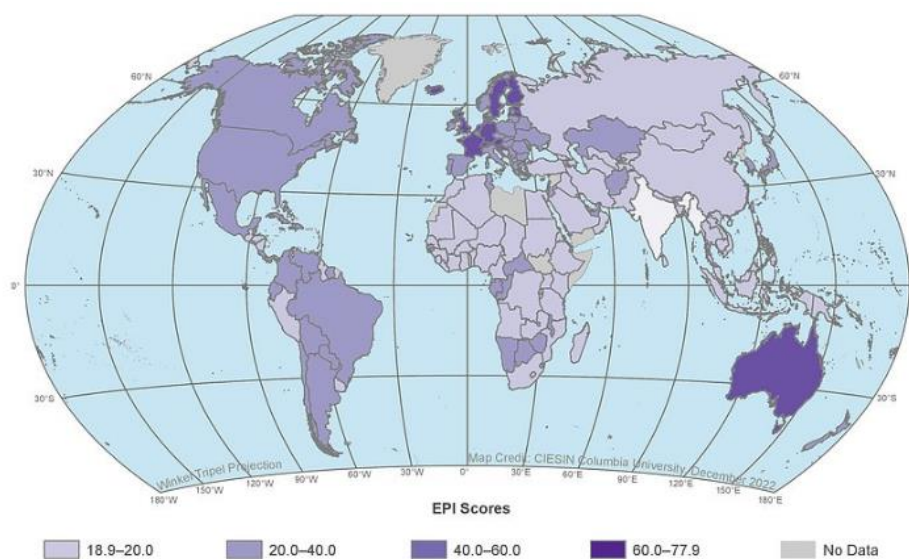


Fig. 2: EPI INDEX 2022. Fonte: Yale University & World Economic Forum.

L'Environmental Performance Index (EPI) è un indice sviluppato per valutare e confrontare le prestazioni ambientali dei paesi di tutto il mondo. Questo indice è stato creato congiuntamente dalla Yale University e dal World Economic Forum e si basa su una serie di indicatori ambientali chiave.

L'EPI valuta diversi aspetti dell'ambiente, tra cui la qualità dell'aria, la qualità dell'acqua, la gestione dei rifiuti, la biodiversità, i cambiamenti climatici e altre

¹³ <https://epi.yale.edu/epi-results/2022/component/epi>

questioni ambientali fondamentali. L'obiettivo dell'EPI è fornire una misura obiettiva delle prestazioni ambientali dei paesi al fine di promuovere una maggiore consapevolezza, stimolare il miglioramento e favorire la sostenibilità ambientale. L'indice EPI assegna punteggi ai paesi in base ai dati disponibili e ai risultati ottenuti nei vari indicatori ambientali. I paesi che ottengono un punteggio più alto nell'EPI sono considerati più sostenibili dal punto di vista ambientale. Nel 2022 il Paese che ha registrato il punteggio più elevato è stata la Danimarca con uno score pari a 77.90 seguita dal Regno Unito con 77.70 e Finlandia con 76.50. L'Italia si trova alla 23esima posizione con un punteggio pari a 57.70.

1.2. Il concetto di economia circolare e la sua evoluzione nel tempo

Il concetto dell'Economia Circolare nasce dall'esigenza e dalla necessità di usare in maniera intelligente le risorse. Negli ultimi anni il mondo si è reso conto che le risorse che questo pianeta ha da offrire non sono illimitate e che non bastano per l'intera popolazione mondiale. E abbiamo visto come l'uso sbagliato ed eccessivo delle risorse naturali può peggiorare l'ambiente in cui viviamo portando ad impatti negativi. Per questo c'è bisogno di cambiare la visione dell'economia lineare¹⁴ trasformandola in un'economia circolare.

¹⁴ L'economia lineare si basa sulla produzione e realizzazione di prodotti per ricavarne dei guadagni. L'obiettivo principale è di massimizzare questo guadagno riuscendo a ricavare maggior ricavi a costi minimi. Essendo questo l'obiettivo primario non tiene conto di tutto il resto che succede nella

La Circular Economy è attualmente uno dei temi più rilevanti dagli esperti di economia ed è in molti Paesi europei la base di ogni strategia politica economica nazionale. Le radici della circolarità dei materiali di produzione e di consumo risalgono a tanti anni fa. Già nel secondo dopo guerra molti studiosi si interrogavano su come garantire l'accessibilità alle risorse fondamentali per le generazioni future, tra di essi vi era l'economista Kenneth Boulding (1966). Con il suo libro *The Economics of the Coming Spaceship Earth* sosteneva che i sistemi circolari all'interno dell'economia mondiale saranno diventati inevitabili per la sopravvivenza della vita umana sulla Terra nel futuro prossimo¹⁵. L'intuizione dell'economista viene oggi definita come l'origine della cultura del riuso poiché per primo riuscì a cogliere l'urgenza dei paesi sviluppati di modificare la propria economia aperta o, come la chiama Boulding, del cowboy¹⁶ in un'economia chiusa capace di autoalimentarsi. Quest'ultima viene definita da Boulding come l'economia dell'astronauta, poiché considerando il pianeta Terra come una grande navicella spaziale si riesce ad ottenere una profonda consapevolezza dei suoi limiti e maggior rispetto nell'uso delle sue risorse. Bisognava quindi agire in spazi stretti e ridotti e allo stesso tempo saper disporre di materie scarse ed ottenere il loro massimo potenziale in qualunque loro utilizzo. Seguendo il parallelismo con la

produzione e nel consumo di certi beni generando così tanti materiali di scarto e beni finiti in discarica. Fonte: EllenMacArthur Foundation, *Towards the Circular Economy*, 2013.

¹⁵ Boulding, *The Economics of the Coming Spaceship Earth*, 1966

¹⁶ Kenneth Boulding per economia del cowboy intendeva il comportamento del cowboy, instancabile, violento e di rapina verso tutti i terreni in cui si imbatteva (1966).

realtà, gli esseri umani erano chiamati ad agire riorganizzando il proprio modello consumistico in un modello più sostenibile, adoperando scelte basate sull'ecologia e sul rispetto dell'ambiente. A chiudere il cerchio dei suoi studi, 5 anni dopo nel 1971 il biologo statunitense Barry Commoner spiegò in uno studio scientifico com'era possibile riconvertire i rifiuti in composti organici o in materiali che avrebbero avuto un secondo scopo, una seconda vita¹⁷. Nel suo libro *The Closing Circle: Nature, Man and Technology* il biologo dimostrò che ci sono 4 grandi leggi fondamentali che regolamentano l'ecologia:

- *Tutto è connesso con qualsiasi altra cosa.* Questa prima legge sottolinea il fatto che tutte le cose in natura sono interconnesse e che i cambiamenti all'interno di un'area possono generare degli effetti a catena sulle altre zone o aree. Così dicendo, esistono interconnessioni benefiche e non benefiche. Ad esempio, se l'uomo produce anidride carbonica come rifiuto essa potrebbe essere usata come risorsa dalle piante. Se invece, inquinasse attraverso la combustione di combustibili fossili potrebbe alterare il ciclo naturale degli eventi causando effetti negativi come inquinamento nell'aria.
- *Ogni cosa deve finire da qualche parte.* Essendo in un universo delimitato dallo spazio e dal tempo è logicamente pensabile che qualunque oggetto o materia esistente dovrà pur trovare un luogo su cui stare. Questa legge

¹⁷ Barry Commoner, *The Closing Circle: Nature, Man and Technology*, 1971.

evidenzia il concetto che tutte le risorse materiali sul pianeta sono finite e che devono essere utilizzate con moderazione per evitare la loro fine. Qualsiasi ripercussione in una parte dell'ecosistema può avere effetti rocamboleschi sull'intero sistema. Di fatti, la materia o l'energia come dice la prima legge della termodinamica¹⁸ non possono essere create ma solo trasferite da una forma all'altra. Ciò sottolinea l'importanza di comprendere la distribuzione delle risorse e degli elementi inquinanti all'interno degli ecosistemi.

- *La natura è l'unica che sa tutto.* La terza legge riconosce quanto sono complessi e resilienti i sistemi naturali e afferma che la natura non va controllata o sottomessa ma bisogna muoversi all'unisono con essa. Bisogna quindi rispettare i suoi limiti e i suoi processi, poiché se la natura si ribellasse all'uomo l'uomo sarebbe sopraffatto da essa.
- *Non si consumano pasti gratuitamente.* Questa affermazione ci ricorda che qualsiasi azione o decisione che prendiamo avrà conseguenze e compromessi nel breve e nel lungo periodo. Non si possono ottenere delle risorse senza dare nulla in cambio. Con la natura deve sussistere un equilibrio tra il dare e l'avere. Questa legge sottolinea l'importanza di avere

¹⁸ La prima legge della termodinamica afferma che l'energia interna di un sistema termodinamico chiuso è costante. E in parallelo alla legge di conservazione dell'energia, ciò significa che l'energia non può essere né creata né distrutta ma semplicemente si trasforma e si rimodella (Clausius, R., 1865).

un approccio olistico alle questioni ambientali e di considerare gli impatti delle nostre azioni anche nel lungo termine.

Le 4 leggi della natura di Barry Commoner si basano sulla consapevolezza delle esigenze di una gestione sostenibile delle risorse della Terra e di una attenzione costante dell'ambiente. Le attività umane devono essere orientate verso la riduzione ed eliminazione dello spreco e l'impiego di fonti di energia rinnovabili. Il lavoro di questi due pionieri della sostenibilità e dell'ecologia aprirono la strada all'economia circolare.

L'Economia Circolare entrò in Europa a metà degli anni 70 quando l'economista Walter R. Stahel tracciò il primo profilo di questo concetto attraverso un rapporto per la Commissione Europea¹⁹. In questo rapporto svolto insieme a Geneviève Reday-Mulvey denominato *Potential for Substituting Manpower of Energy*²⁰ posò principalmente l'attenzione sull'estensione della vita utile di certi beni come le automobili e come gestire lo smaltimento di rifiuti di vecchi prodotti anziché ripararli. L'idea principale nata dallo studio di Stahel era di generare dei flussi di materiali in un sistema a circuito chiuso proprio per ridurre al minimo gli sprechi. Altri studiosi, seguendo le orme di Stahel, cominciarono a pubblicare report e casi studio sull'economia circolare tanto ad arrivare a delle vere e proprie definizioni che vennero usate come base studio per gli esperti della materia. Negli anni '80 il

¹⁹ Stahel Walter R, *The Circular Economy: a User's Guide*, 1976.

²⁰ Stahel Walter R, Reday Genevieve, *Potential for Substituting Manpower of Energy*, 1976.

termine “economia circolare” è stato introdotto da David Pearce e Kerry Turner che la definivano nel loro libro come “*un modello di produzione e consumo basato sulla condivisione, riutilizzo, riparazione e riciclo dei materiali e prodotti esistenti il più a lungo possibile*”²¹. In quest’opera affermavano che era possibile crescere economicamente senza degradare l’ambiente. Ci si basava sul rispetto delle 3 funzioni dell’ambiente: l’ambiente come fornitore di risorse, l’ambiente come ricettore di rifiuti e l’ambiente come fonte diretta di utilità. Se si riusciva ad intraprendere attività economiche rispettando queste 3 funzioni si poteva crescere economicamente senza danneggiare o alterare l’ambiente come invece avveniva nelle tradizionali economie lineari.

Negli anni ’90, il concetto dell’economia circolare ha guadagnato maggiore attenzione fino ad arrivare all’interno delle politiche dell’Unione Europea, che iniziò a promuovere l’idea di un’economia circolare capace di affrontare il problema crescente della gestione dei rifiuti e dell’esaurimento delle risorse.

Ad oggi, la citazione guida è stata fornita dalla Fondazione EllenMacArthur, che cita testualmente “*l’economia circolare è un termine generico per definire un’economia pensata per potersi rigenerare da sola. In un’economia circolare i flussi di materiali sono di due tipi: quelli biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici, destinati ad essere rivalorizzati senza entrare nella*

²¹ Pearce David, Turner Kerry, *Economics of natural resources and the environment*, 1990

biosfera".²² L'economia circolare è quindi un sistema economico in cui le risorse vengono mantenute in uso il più a lungo possibile riducendo al minimo gli sprechi.

1.3. I principi dell'economia circolare

L'approccio definito dalla Fondazione EllenMacArthur sottolinea l'importanza di creare un sistema a circuito chiuso in cui i prodotti sono progettati con particolare attenzione al riciclaggio e al riutilizzo. E questa attenzione passa per il rispetto di 5 criteri base della circolarità:

- L'eco-progettazione, progettare i prodotti pensando già al loro impiego a fine vita;
- Modularità e versatilità, in cui si dà priorità all'adattabilità del prodotto affinché si possa adattare a cambiamenti possibili e necessari;
- Le energie rinnovabili, andando a produrre utilizzando modelli energetici non basati su fonti fossili;
- L'approccio olistico, curando l'attenzione dell'intero sistema e considerando le possibili relazioni causa-effetto che possono generarsi tra le diverse componenti del processo;

²² Ellen MacArthur Foundation, "Towards the Circular Economy. Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition", 2013

- Recupero dei materiali, al fine di favorire l'utilizzo di materie prime seconde al posto delle materie prime vergini.

La definizione che la Fondazione ha espresso in merito all'economia circolare spiega come, all'interno di essa, esistano due grandi categorie di flussi di materiali: tecnici e biologici. La Figura 3, che prende il nome del diagramma a farfalla, mostra il flusso continuo e costante dei materiali in un'economia a circuito chiuso come quella circolare.

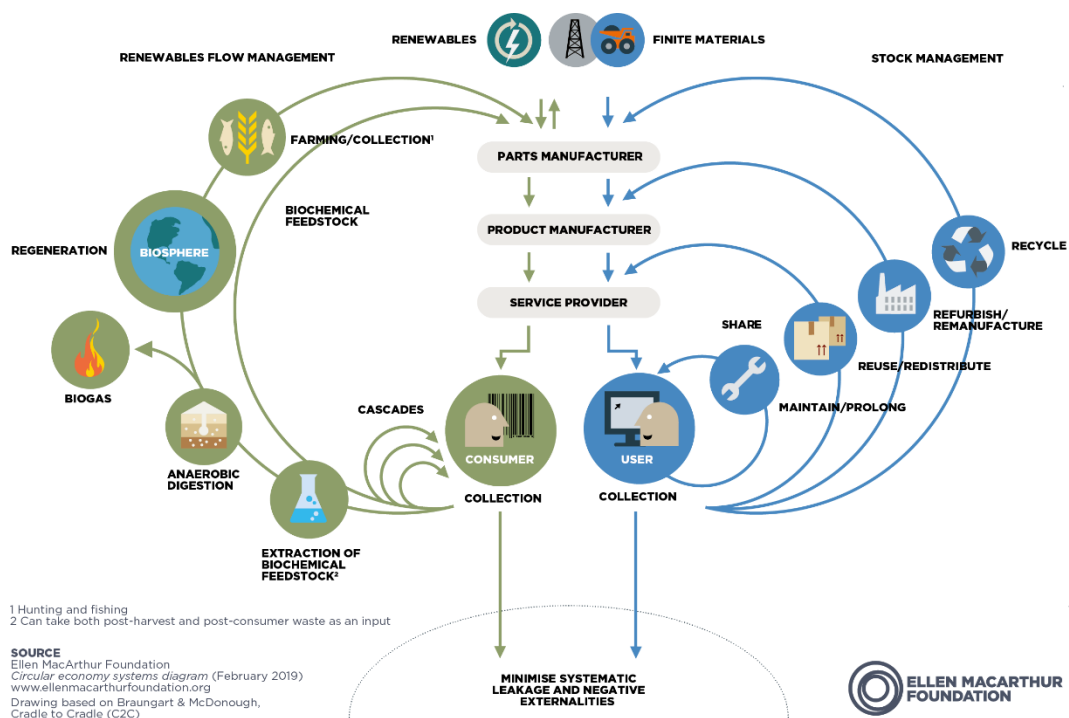


Fig. 3: Diagramma a farfalla. Fonte: Ellen MacArthur Foundation

Nella parte sinistra del Grafico viene mostrato il ciclo dei materiali biologici e come i suoi nutrienti e le sue utilità vengono restituite alla Terra per rigenerare natura ed energia. Nella parte a destra in blu invece vi è il ciclo dei materiali tecnici derivanti da lavorazioni, che non possono rientrare direttamente in natura, ma possono essere riutilizzati come materie prime seconde o per processi di riparazione, rigenerazione o riciclaggio²³.

Questo modello a farfalla ha portato a diverse visioni di implementazione ed intervento alle pratiche dell'economia circolare in parallelo con i sistemi produttivi industriali. Infatti, ha generato cooperazioni tra aziende finalizzate alla reintroduzione di certi flussi di materiali nella biosfera o alla rivalorizzazione di certi flussi di materiali all'interno delle filiere industriali. Queste forme di collaborazioni e accordi tra le aziende sul lato industriale prendono il nome di simbiosi industriale.

1.4. La simbiosi industriale

La simbiosi industriale è un processo nel quale i prodotti di scarto oppure i sottoprodotti di un'azienda diventano materiali di scambio o di vendita a favore di altre aziende. Ciò perché quei materiali agli occhi delle altre aziende sono come materie prime utili per la propria attività. In questo modo si creano rapporti tra

²³ <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>

aziende dove energia e rifiuti vengono reinseriti sul mercato senza creare scarti o usufruire incessantemente delle risorse ambientali (Chertow, 2000)²⁴. La simbiosi industriale può portare ad una riduzione dei costi grazie al riutilizzo di materiali e alla condivisione di risorse, come ad esempio l'energia elettrica o il trasporto di prodotti finiti. In questo modo, le aziende possono ottenere benefici economici andando a realizzare sistemi di cogenerazione dell'energia congiuntamente. Ciò potrebbe portare ad un aumento della competitività delle aziende e alla creazione di posti di lavoro, stimolando lo sviluppo economico. Inoltre, la collaborazione tra le aziende nella simbiosi industriale promuove l'innovazione e la ricerca di nuove soluzioni sostenibili per affrontare le sfide ambientali e sociali del nostro tempo. Guardando all'ambiente e al clima, la simbiosi industriale riesce a ridurre immediatamente le emissioni di gas effetto serra ed a diminuire la dipendenza dai combustibili fossili. In più, attraverso lo scambio di competenze si possono realizzare commerci vantaggiosi e sostenibili nella gestione dei rifiuti industriali. La simbiosi industriale può anche creare opportunità di sviluppo locale e promuovere la sostenibilità a livello regionale. Un esempio di successo della simbiosi industriale è il Kalundborg Eco-Industrial Park in Danimarca²⁵. Nel parco, diverse aziende condividono risorse come calore, acqua e materiali, riducendo l'impatto ambientale complessivo e creando un'economia più efficiente.

²⁴ Chertow, Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy, 2000.

²⁵ <https://www.symbiosis.dk/en/>

La simbiosi industriale rappresenta un modello di economia circolare e di sviluppo sostenibile che favorisce l'efficienza delle risorse, la valorizzazione dei rifiuti e degli scarti e la collaborazione tra le aziende.

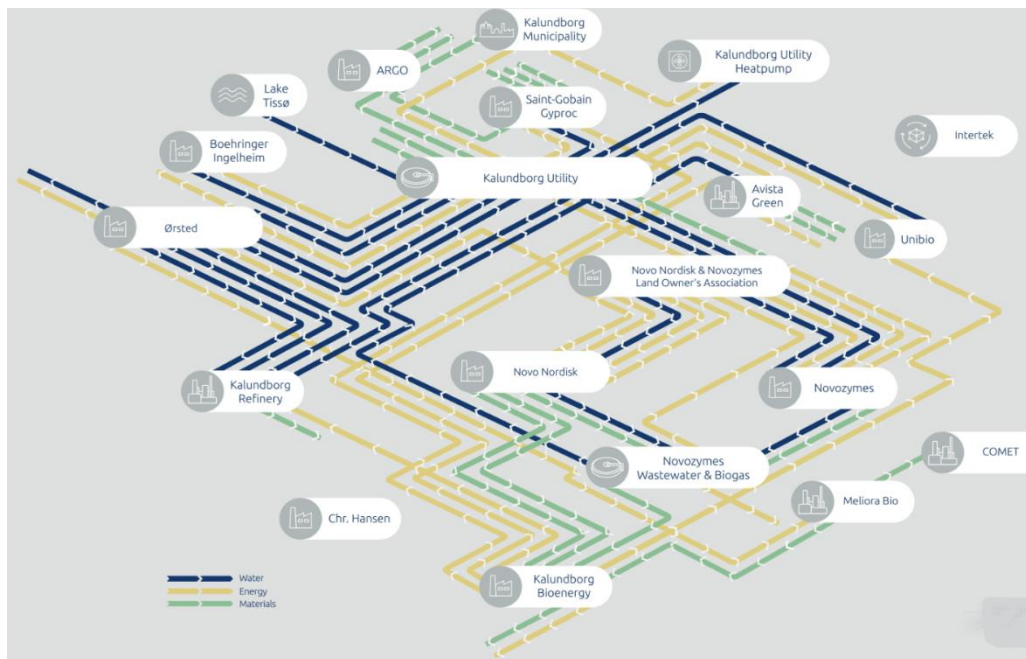


Fig. 4: La simbiosi industriale per Kalundborg. Fonte: Kalundborg Eco-Industrial Park

1.5. I business model sostenibili

La transizione verso un'economia circolare ha acquisito slancio come soluzione praticabile alle sfide della scarsità delle risorse e del degrado ambientale. I modelli di business circolari, che enfatizzano l'efficienza delle risorse, la riduzione dei rifiuti e la creazione di valore attraverso la gestione del ciclo di vita del prodotto, svolgono

un ruolo fondamentale nella realizzazione della visione di un'economia circolare (Geissdoerfer et al., 2020). Esistono 5 diversi business model circolari e sostenibili:

- Filiera circolare “fin dall’inizio”: il modello di business della “filiera circolare fin dall’inizio” è un approccio strategico volto a integrare i principi circolari nella progettazione e nella governance della catena di fornitura. Questo modello si concentra sull'ottimizzazione delle risorse, sulla riduzione degli sprechi e sull'introduzione di pratiche sostenibili nelle prime fasi del processo di produzione e distribuzione. Il modello di business della catena di approvvigionamento circolare si concentra sull'implementazione della progettazione e della gestione circolari nelle prime fasi del processo di produzione e distribuzione (Geissdoerfer et al, 2020). Ciò include l'adozione di strategie che incoraggiano il riutilizzo, il riciclaggio e la riparazione di materiali e prodotti, nonché l'ottimizzazione dell'efficienza delle risorse e minimizzando gli sprechi lungo tutta la “filiera circolare fin dall'inizio" offre molti vantaggi sia dal punto di vista ambientale che economico (Bang et al. 2020). Da un punto di vista ecologico, questo modello riduce il consumo delle risorse naturali, l'estrazione di materiali vergini e l'impatto ambientale associato alla produzione e allo smaltimento dei prodotti. Dal punto di vista economico, la progettazione e la gestione circolari riducono i costi associati all'approvazione di nuove materie prime, creano nuove opportunità di mercato per i prodotti circolari e servizi e migliorare l'immagine e la reputazione di un'azienda (Geyer et al., 2017). L'implementazione di successo di un modello che adotti una

catena di fornitura circolare da zero richiede diverse pratiche chiave (Bocken et al. 2016)²⁶. Ad esempio, progettare per la circolarità facilitando la scomposizione, il riciclaggio e la riparazione dei prodotti, nonché l'uso di materiali riciclati e riciclabili. Ciò richiede una stretta collaborazione tra progettisti, ingegneri di prodotto e fornitori di materiali. Collaborazione e impegno con i fornitori per garantire l'approvazione di materiali e componenti riciclabili, riciclati o riparabili. Ciò può richiedere l'attuazione di contratti o accordi che promuovano pratiche sostenibili lungo la catena di approvvigionamento. La gestione dei flussi di materiale lungo tutta la filiera produttiva al fine di adottare sistemi di monitoraggio e tracciabilità per ottimizzare i flussi di materiale. Ciò può includere l'adozione di tecnologie digitali, come Internet of Things (IoT) o blockchain, per tracciare e gestire in modo efficiente materiali e prodotti.

- Recupero e riciclo: il modello di business della raccolta e del riciclaggio è un approccio strategico incentrato sulla raccolta, il recupero e il riutilizzo dei materiali per ridurre i rifiuti e massimizzare l'efficienza delle risorse. Questo modello si basa sulla gestione responsabile dei rifiuti e sulla costruzione di un circuito chiuso in cui i materiali vengono riutilizzati e reintrodotti nella produzione (Geng et al., 2012). I modelli di business del recupero e del riciclaggio si concentrano sulla raccolta, il recupero e il riutilizzo dei materiali per ridurre la

²⁶ Bocken, N.; Strupeit, L.; Whalen, K.; Nußholz, J. A Review and Evaluation of Circular Business Model Innovation Tools. *Sustainability* 2019, *11*, 2210

quantità di rifiuti inviati alle discariche e promuovere l'uso responsabile delle risorse. Questo modello si basa sulla conversione dei rifiuti in materie prime secondarie che vengono utilizzate per fabbricare nuovi prodotti. Il modello di business della raccolta e del riciclo presenta numerosi vantaggi, sia dal punto di vista ambientale che economico (Tukker et al. 2015). Dal punto di vista ambientale, questo modello riduce la quantità di rifiuti inviati in discarica, minimizza l'impatto ambientale dello smaltimento e conserva le risorse naturali attraverso il riutilizzo dei materiali. Dal punto di vista economico, il recupero e il riciclaggio dei materiali possono creare nuove opportunità economiche, creare posti di lavoro nel settore del riciclaggio e fornire materie prime più economiche rispetto alle nuove fonti. Un modello aziendale di raccolta e riciclaggio di successo richiede diverse pratiche chiave (Zeng et al. 2021). Ciò significa adottare un sistema di raccolta differenziata per separare i materiali riciclabili dai rifiuti generici, facilitando il recupero e il successivo riciclo dei materiali. Inoltre, è prevista l'installazione di un impianto di recupero e riciclo in grado di convertire i materiali recuperati in materie prime seconde (Shi et al. 2019). Questi processi includono lo smistamento, la separazione, la manipolazione e la conversione efficienti e sicuri dei materiali. Infine, facilita la cooperazione tra i vari attori della filiera, come produttori, distributori, riciclatori e consumatori, per creare un flusso continuo di materiali riciclabili e restituire i materiali alla filiera.

- Estensione della vita del prodotto: i modelli di business per l'estensione della vita del prodotto si concentrano sull'estensione della vita utile dei prodotti, incoraggiando la riparazione, la ristrutturazione e l'aggiornamento delle risorse esistenti per prolungarne la vita e massimizzarne il valore (Velenturf et al. 2016). Questo approccio si basa sull'idea che molti prodotti sono solo parzialmente sostituibili o che i componenti possono essere riparati o rinnovati per prolungarne la vita utile. Questo modello contrasta con il tradizionale modello lineare dell'economia "prendi, produci, smaltisci", promuovendo invece l'uso responsabile delle risorse estendendo il ciclo di vita dei prodotti (Bocken et al. 2014). I vantaggi legati a questo modello sono legati principalmente all'allungare la vita dei prodotti favorendo benefici ambientali e economici. Dal punto di vista della protezione ambientale, questo modello riduce il consumo di risorse naturali, il consumo di energia nella produzione di nuovi prodotti e la quantità di rifiuti generati. Da un punto di vista economico, l'estensione della vita dei prodotti può creare nuove opportunità di lavoro nel settore della riparazione e della ristrutturazione, offrire risparmi significativi ai consumatori e incoraggiare l'innovazione tecnologica sostenibile (Mont, 2004)²⁷. L'implementazione di successo del modello di vita estesa del prodotto richiede diverse pratiche chiave, come la riparazione e la manutenzione per consentire ai consumatori di prolungare la vita dei loro prodotti.

²⁷ Mont, Oksana. "Institutionalisation of sustainable consumption patterns based on shared use." *Ecological economics* 50.1-2 (2004): 135-153.

Ciò richiede una disponibilità di parti di ricambio, servizi di assistenza tecnica e competenze specializzate. Il rinnovo e l'aggiornamento per consentire ai consumatori di migliorare le prestazioni dei loro prodotti senza doverli sostituire completamente. Questo può includere l'aggiornamento di componenti, l'installazione di nuovi firmware o software, o l'adeguamento ai requisiti normativi in evoluzione. La progettazione per la durata volto ad incoraggiare i produttori a realizzare prodotti con una durata più lunga, utilizzando materiali di alta qualità, componenti facilmente riparabili o sostituibili, e soluzioni modulari che consentano l'aggiornamento delle parti specifiche (Bocken et al. 2016).

- Piattaforma di condivisione: il modello di business "Share Platform" è un approccio innovativo che consente alle persone di condividere risorse, servizi e beni attraverso una piattaforma digitale. Questo modello si basa sulla condivisione e lo sfruttamento delle potenzialità delle tecnologie digitali per facilitare lo scambio di beni e servizi tra utenti (Hamari et al. 2016). Il modello di business della "piattaforma condivisa" si concentra sull'utilizzo di piattaforme digitali per facilitare la condivisione di risorse, beni e servizi tra gli utenti. Questo modello si basa sulla creazione di una comunità di utenti che possono noleggiare, scambiare o condividere beni o competenze attraverso una piattaforma online. Il modello di business della "piattaforma condivisa" offre numerosi vantaggi, sia dal punto di vista dell'utente che dal punto di vista economico e ambientale (Belk, 2018). Dal punto di vista dell'utente, fornisce l'accesso a un'ampia gamma di beni e servizi

senza doverli possedere, creando opportunità di risparmio e convenienza. Dal punto di vista ambientale, la condivisione riduce il consumo eccessivo di risorse, favorendo l'uso più efficiente delle risorse disponibili. Dal punto di vista economico, il modello di business di una piattaforma di condivisione può creare nuove opportunità di guadagno per gli utenti che ne utilizzano le risorse o le competenze (Heinrichs et al. 2018). Per implementare con successo il modello di business della "piattaforma condivisa", sono necessari diversi approcci chiave. Ad esempio, è essenziale sviluppare una piattaforma digitale che consenta agli utenti di connettersi, condividere e gestire le risorse in modo sicuro e affidabile (esempio Airbnb). La piattaforma fornisce funzionalità di prenotazione, gestione dei pagamenti e recensioni degli utenti per creare fiducia nella comunità. Stabilire un meccanismo per verificare l'identità dell'utente, garantire la qualità dei beni e dei servizi condivisi e fornire un sistema di feedback per valutare la reputazione dell'utente (Slee, 2016). Questo aiuta a creare un ambiente affidabile e sicuro per gli utenti della piattaforma. Promuove inoltre la collaborazione tra gli utenti della piattaforma, consentendo loro di negoziare e stabilire accordi di condivisione delle risorse. La piattaforma faciliterà la comunicazione e la negoziazione tra gli utenti per creare una comunità di condivisione attiva e partecipativa.

- Prodotto come servizio: il modello di business Product as a Service è un approccio innovativo che si concentra sulla fornitura di prodotti come servizi piuttosto che sulla vendita diretta dei prodotti stessi. Piuttosto che possedere

fisicamente un prodotto, i clienti pagano per utilizzare il prodotto o per ottenere i servizi resi (Nubholz et al. 2019). Il modello di business "Product as a Service" si basa sulla conversione dei prodotti in servizi. Invece di acquistare e possedere un prodotto, i clienti pagano per utilizzare il prodotto o per il servizio fornito dal prodotto. Questo modello sposta l'attenzione dalla proprietà del prodotto alla creazione di valore attraverso i servizi relativi al prodotto (Tukker, 2004)²⁸. Il modello di business "Product as a Service" offre molti vantaggi sia per le aziende che per i clienti. Dal punto di vista del business, questo modello consente alle aziende di generare nuovi flussi di reddito, aumentare la fidelizzazione dei clienti e ridurre l'impatto ambientale ottimizzando l'utilizzo delle risorse. Dal punto di vista del cliente, questo modello offre una maggiore accessibilità, flessibilità e convenienza in quanto possono pagare solo per ciò che effettivamente utilizzano. Sono necessarie diverse pratiche chiave per implementare con successo il modello di business Product as a Service (Mont, 2004). È estremamente importante adottare un design del prodotto orientato al servizio. Progettare il prodotto per facilitare la fornitura dei servizi correlati. Ciò può includere l'integrazione di sensori, connettività IoT o altre tecnologie che consentono il monitoraggio delle prestazioni del prodotto e la fornitura di servizi basati sui dati. Inoltre, offri opzioni di

²⁸ Tukker, Arnold. "Eight types of product–service system: eight ways to sustainability? Experiences from SusProNet." *Business strategy and the environment* 13.4 (2004): 246-260.

pagamento flessibili per i clienti, come pay-per-use, abbonamenti o modelli di noleggio. Ciò consente ai clienti di adeguare i costi in base alle proprie esigenze ed evitare l'onere finanziario dell'acquisto diretto del prodotto (Bleischwitz et al. 2019). Inoltre, fornire servizi di manutenzione, riparazione e assistenza tecnica per garantire il buon funzionamento del prodotto e soddisfare le esigenze dei clienti durante tutto il periodo di utilizzo.

Nello studio condotto da Nubholtz²⁹ si evidenzia come è possibile realizzare un quadro di classificazione utile per comprendere le tipologie dei business model nati sotto l'approccio Prodotto come servizio. Questo quadro di classificazione si basa su 4 dimensioni principali: la proprietà del prodotto, la frammentazione del prodotto, la personalizzazione del servizio e il coinvolgimento del cliente. Facendo ciò consente una migliore comprensione delle opzioni disponibili e diversificate per le aziende e ricercatori che desiderano adottare questo approccio con precisione e facilita la valutazione di potenziali benefici economici, sociali ed ambientali.

1.6. L'Unione Europea a favore dell'economia circolare

L'Europa è stata il primo continente ad adottare pratiche di economia circolare e oggi è considerata il pioniere della sostenibilità. Ci sono molte ragioni per cui l'Europa ha mostrato un grande interesse nell'incoraggiare i Paesi membri a fare la

²⁹ Nußholz, Julia LK. "Circular business model design: a checklist for creating environmental benefits." (2019).

transizione ecologica. Una di queste ragioni è sicuramente la dipendenza delle materie prime da Paesi non appartenenti all'Unione Europea. Secondo l'Eurostat, l'UE importa poco più della metà delle materie prime che consuma³⁰, soprattutto quelle critiche necessarie per la fabbricazione di tecnologie fondamentali per raggiungere gli obiettivi climatici, come le batterie per i veicoli elettrici. Essendo meno potente rispetto a potenze mondiali come la Cina e gli Stati Uniti e data l'elevata domanda e la scarsa offerta per questi beni, i Paesi europei sono fortemente dipendenti dagli altri Paesi al di fuori del continente.

Un'altra ragione delle iniziative adottate dall'Unione Europea a favore dell'economia circolare è la volontà e la necessità di proteggere l'ambiente. Le aziende vengono stimolate ad adottare pratiche industriali e agricole sempre più sostenibili utilizzando approcci basati sul riciclaggio, riutilizzo e riduzione degli sprechi. Queste pratiche potrebbero contribuire a limitare la perdita di biodiversità nel mondo e a ridurre le emissioni annuali totali di gas a effetto serra. Inoltre, un'ulteriore ragione per realizzare la transizione ecologica in Europa è l'aumento della competitività delle aziende, stimolando la crescita economica e l'innovazione³¹.

Negli ultimi anni, l'Unione Europea ha varato numerose iniziative e piani d'azione per implementare questa nuova economia circolare. Nel 2015 è stato varato il Piano

³⁰ Unione Europea, *Economia Circolare: definizione, importanza e vantaggi*, 2023

³¹ Parlamento Europeo, *Nuovo piano d'azione per l'economia circolare*, 2020

d'azione per l'economia circolare (CEAP) che mira ad abbandonare l'approccio lineare di produzione e consumo e ad adottare un modello di economia circolare. Questo pacchetto di riforme europee comprende oltre 54 misure legislative mirate a settori e tematiche diverse, come la plastica, gli imballaggi, la gestione dei rifiuti e l'adozione di approcci ecologici per la crescita economica. Nel 2017, insieme al Comitato Economico e Sociale Europeo, la Commissione Europea ha creato la piattaforma europea delle parti interessate per l'economia circolare (ECESP)³², che favorisce lo scambio di idee e soluzioni efficaci per superare gli ostacoli sociali, economici e culturali verso la transizione ecologica e l'attuazione degli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite. All'interno della piattaforma c'è un gruppo di coordinamento che sovrintende le attività e guida le parti interessate ad adottare azioni a favore dell'economia circolare e ad adottare modelli di business circolare e sostenibile.

I cinque modelli di business circolare³³ stanno diventando il driver delle politiche aziendali attuali. Nel 2018, con le quattro direttive del Pacchetto Economia Circolare, l'UE ha stabilito importanti obblighi e vincoli per i Paesi membri al fine

³² Commissione europea e CESE, *Piattaforma europea delle parti interessate per l'economia circolare*, 2017

³³ I 5 business model circolari sono la filiera circolare fin dall'inizio, il recupero e il riciclo, l'estensione della vita del prodotto, la piattaforma di condivisione e il prodotto come servizio. Fonte: MiTe.

di ridurre i rifiuti nelle discariche e di implementare azioni di riciclaggio. Il pacchetto stabilisce tre obiettivi comuni riguardanti la gestione dei rifiuti³⁴:

- Il primo è il riciclo di almeno il 55% dei rifiuti urbani entro il 2025 e il 65% entro il 2035;
- Il secondo obiettivo è il riciclo del 65% dei rifiuti relativi agli imballaggi entro il 2025;
- Il terzo obiettivo è la riduzione dei rifiuti urbani smaltiti in discarica entro il 2035, permettendo che al massimo il 10% dei rifiuti urbani possano essere smaltiti in discarica.

Nel marzo 2020, la Commissione Europea ha rilanciato il Piano d'azione riprendendo quello già esistente per rafforzarne l'adozione, dichiarando che *"la transizione verso un'economia circolare ridurrà la pressione sulle risorse naturali e creerà crescita e posti di lavoro sostenibili. Il Piano è un prerequisito essenziale per raggiungere l'obiettivo di neutralità climatica dell'UE entro il 2050 e arrestare la perdita di biodiversità"*³⁵. Questo Nuovo Piano d'azione prevede diverse iniziative lungo l'intera catena del ciclo di vita dei prodotti, incentrato sul miglioramento della progettazione e produzione di prodotti ecosostenibili e sull'assistenza alle aziende nell'adozione di modelli di economia circolare attraverso strumenti di supporto. Lo studio del Piano d'azione per l'economia circolare mira

³⁴ Unione Europea, *Direttiva 2018/851*, 2018

³⁵ Commissione Europea, *Nuovo Piano d'azione per l'economia circolare*, 2020

all'abbandono dei modelli di business tradizionali, che non sono orientati a pratiche aziendali di responsabilità sociale ed ambientale, e promuove l'adozione di modelli green per conciliare gli obiettivi di sviluppo sostenibile e di crescita economica.

Nel 2022, la Commissione Europea ha emesso il regolamento ESPR (Ecodesign for Sustainable Products Regulation) per sostenere la progettazione di prodotti ecosostenibili, stabilendo nuovi requisiti per rendere i prodotti più durevoli e riparabili³⁶. Secondo la Commissione, considerare fin dalla fase di progettazione la realizzazione di prodotti sostenibili potrebbe determinare una riduzione dell'80% dell'impatto ambientale generato dal loro fine vita. Nel piano d'azione sono stati individuati obiettivi per incentivare le aziende ad adottare modelli di business innovativi e sostenibili.

Le iniziative europee a favore dell'economia circolare e del cambiamento climatico degli ultimi anni sono state intraprese anche per attuare gli accordi internazionali. Tra questi, l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile e l'accordo di Parigi del 2015 sono di particolare rilevanza. L'accordo di Parigi mira a ridurre e limitare il riscaldamento globale, mantenendo la temperatura media globale al di sotto dei 2°C e impegnandosi a abbassarla al di sotto dei 1,5°C. L'UE e i suoi Stati membri hanno presentato una strategia a lungo termine per ridurre le proprie emissioni di gas a effetto serra di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli preindustriali del 1990.

³⁶ Commissione Europea, *Ecodesign for sustainable products*, 2022

Gli obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG) derivano dall'Agenda 2030, sottoscritta da oltre 150 paesi durante l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite. I 17 obiettivi e i 169 sotto-obiettivi mirano a porre fine alla povertà e alla fame, ridurre le disuguaglianze tra popolazioni e generi e promuovere lo sviluppo sociale, ambientale ed economico.

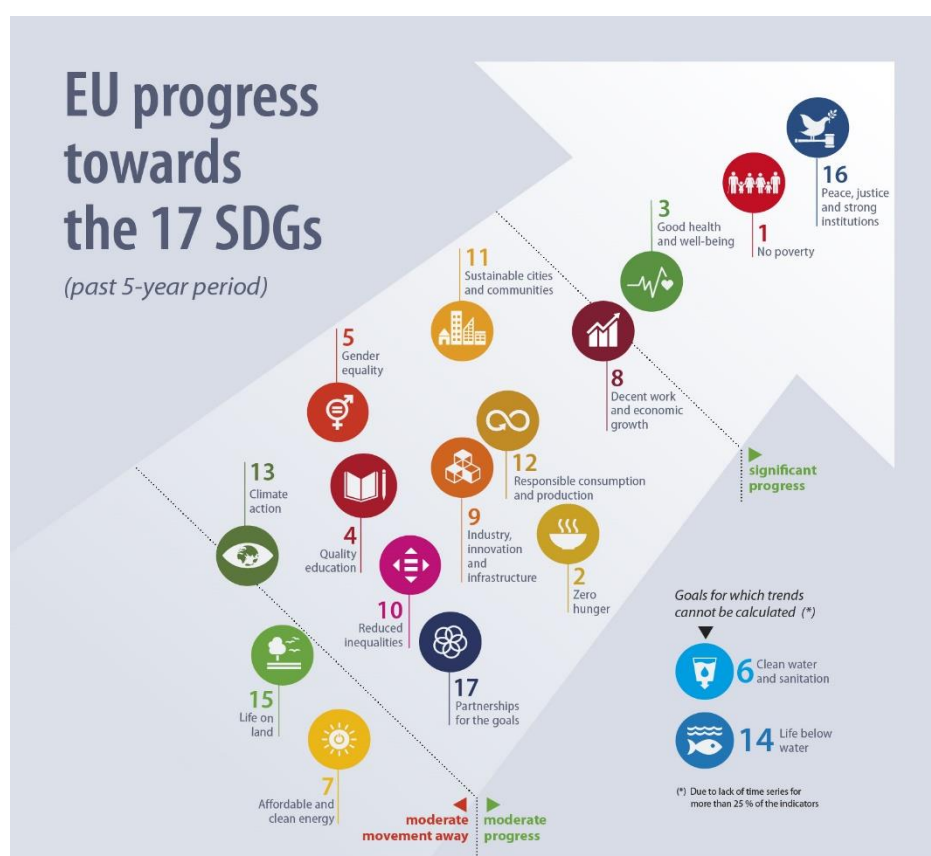


Fig. 5: Progresso europeo degli obiettivi di sviluppo sostenibile. Fonte: ec.europa.eu/eurostat

Molti sono gli obiettivi che stanno ottenendo un progresso sufficiente, ma solamente 3 obiettivi stanno ottenendo risultati veramente significanti e sono

l'obiettivo 1 relativo alla lotta contro la povertà estrema, l'obiettivo 3 legato a garantire salute e benessere e l'obiettivo 16 volto a difendere la pace e la giustizia nei vari paesi mondiali.

CAPITOLO 2 – L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER LA SOSTENIBILITÀ E L'ECONOMICA CIRCOLARE

2.1. Lo sviluppo dell'innovazione tecnologica nell'economia circolare

L'innovazione tecnologica è considerata ormai un elemento essenziale per il progresso e per lo sviluppo aziendale, sociale e ambientale. Nel corso degli anni, l'innovazione tecnologica ha avuto un impatto importante su molti settori, quali informatica, ingegneria, energia, robotica e altro ancora, introducendo soluzioni avanzate ed efficienti e aprendo nuove opportunità di crescita (Maier Dorin, et al., 2020). Queste industrie sono caratterizzate da un rapido progresso e da una continua evoluzione e sono costantemente alla ricerca di nuove scoperte e applicazioni. Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT), ad esempio, hanno svolto un ruolo chiave nell'accelerare l'innovazione tecnologica e aprire la strada a nuovi modi di comunicare, accedere alle informazioni e condividere la conoscenza in tutto il mondo. L'innovazione tecnologica è stata guidata dal rapido sviluppo di tecnologie di base come microprocessori, sensori, reti di comunicazione e materiali avanzati. Questi progressi hanno gettato le basi per sviluppi industriali come l'intelligenza artificiale, l'Internet delle cose, la stampa 3D e le energie rinnovabili (Cancino et al., 2018). Inoltre, una maggiore potenza di calcolo, dispositivi più piccoli e una maggiore accessibilità contribuiscono tutti a rendere l'innovazione più accessibile e alla portata delle imprese e della società in generale. L'innovazione tecnologica si presenta, quindi, in molte forme. Le aziende svolgono un ruolo

chiave nell'adozione di nuove tecnologie per migliorare la produttività e offrire nuovi prodotti e servizi ai propri clienti (Omri Anis, 2020). Ciò perché permette a esse di diffondersi attraverso reti di cooperazione tra imprese, istituti di ricerca e università. In più, perché le politiche governative e i programmi di sostegno all'innovazione possono facilitare l'adozione di nuove tecnologie fornendo incentivi finanziari e sostegno alla ricerca e allo sviluppo.

L'innovazione tecnologica porta molti vantaggi alle aziende. L'automazione dei processi può migliorare l'efficienza operativa, ridurre i costi e aumentare la produttività (Gobble, 2012). L'introduzione di queste nuove tecnologie consente alle aziende di differenziarsi dalla concorrenza offrendo prodotti e servizi unici o migliorati. Inoltre, può creare nuove opportunità di business, aprire mercati non sfruttati e creare nuovi settori industriali. Le aziende in grado di stare al passo con l'innovazione tecnologica sono in grado di adattarsi rapidamente ai cambiamenti del mercato e rimanere competitive nel lungo periodo (Seebode et al., 2012).

Oltre alle grandi opportunità che può portare alle aziende, l'innovazione tecnologica ha un grande impatto sulla società. Le nuove tecnologie possono migliorare la qualità della vita delle persone facilitando l'accesso alle informazioni, ai servizi sanitari, all'istruzione e ai beni di consumo (Anadon, 2016). Ad esempio, i dispositivi mobili e le applicazioni digitali hanno rivoluzionato il modo in cui le persone lavorano, giocano e si relazionano. Infatti, l'innovazione tecnologica può contribuire a risolvere importanti sfide sociali ed economiche come l'accesso

all'energia, la gestione delle risorse naturali, la lotta al cambiamento climatico e l'inclusione sociale (Learch et al., 2012). L'adozione di tecnologie sostenibili può ridurre l'impatto ambientale delle attività umane e promuovere uno sviluppo sociale ed ambientale più equo e sostenibile. Dunque, l'innovazione tecnologica svolge un ruolo chiave nella transizione verso una società più sostenibile. Le tecnologie pulite e “green” aiutano a ridurre le emissioni di gas a effetto serra, a conservare le risorse naturali e a promuovere un uso più efficiente dell'energia (Razalli et al., 2018). Ad esempio, l'utilizzo di energia rinnovabile come l'energia solare ed eolica può ridurre la dipendenza energetica dai combustibili fossili e mitigare gli effetti del cambiamento climatico. Inoltre, l'innovazione tecnologica supporta la gestione sostenibile delle risorse idriche, la riduzione degli sprechi alimentari e lo sviluppo di nuovi materiali e processi produttivi rispettosi dell'ambiente. I progressi tecnologici consentono maggiori efficienze, creano nuove opportunità commerciali, migliorano la qualità della vita delle persone e affrontano le preoccupazioni ambientali (Vidonishet al., 2016). Pertanto, promuovere una cultura dell'innovazione e sostenere la ricerca e lo sviluppo tecnologico diventa fondamentale per garantire un futuro sostenibile sotto ogni aspetto.

L'innovazione tecnologica nelle industrie svolge un ruolo chiave nel sostenere le esigenze e le opportunità dell'economia circolare. Ci sono diversi modi con cui essa può contribuire all'economia circolare:

- *Track and trace*: l'intelligenza artificiale consente il tracciamento accurato dei prodotti lungo tutta la catena di fornitura e il ciclo di vita dei materiali. Questo consente di identificare l'origine delle risorse, monitorarne l'utilizzo e comprendere il flusso dei materiali. Ciò semplifica la raccolta e il riciclaggio dei materiali, nonché la tracciabilità dei prodotti a fine vita (Suchek et al., 2021).

- *Manutenzione predittiva*: i sensori e i dispositivi intelligenti consentono ai produttori di monitorare le condizioni dei loro prodotti e macchine in tempo reale. Ciò consente il rilevamento tempestivo di errori e potenziali problemi e un tempestivo intervento di manutenzione. La manutenzione predittiva può estendere la vita utile dei prodotti riducendo la necessità di sostituzioni e gli sprechi associati.

- *Servizi condivisi*: l'innovazione tecnologica semplifica l'introduzione di modelli di business basati sulla condivisione come affitti e leasing. I dispositivi IoT consentono il monitoraggio dell'utilizzo, la fatturazione dell'utilizzo e il monitoraggio delle prestazioni. Anche i prodotti ottenuti con le stampanti 3d possono essere facilitati attraverso affitti e comodati d'uso della stampante stessa verso coloro che non hanno i finanziamenti necessari per permettersela. Ciò promuove un uso più efficiente delle risorse, riduce la necessità di possedere i prodotti separatamente e facilita l'accesso ai servizi condivisi (Venceet al., 2019).

- *Ottimizza la gestione dei rifiuti*: i sistemi informativi "smart" possono migliorare l'efficienza della gestione dei rifiuti raccogliendo ed elaborando i dati. Infatti, possono monitorare il livello di riempimento dei contenitori dei rifiuti,

consentendo così una pianificazione ottimizzata del processo di raccolta. Ciò riduce i rifiuti, ottimizza i percorsi di raccolta e promuove una gestione dei rifiuti più sostenibile.

- *Economia circolare di prodotti e servizi*: l'innovazione tecnologica può supportare lo sviluppo di modelli economici basati su prodotti e servizi circolari. Ad esempio, invece di vendere un prodotto, un'azienda può offrire un servizio che fornisce l'accesso al prodotto stesso. Ciò consente il monitoraggio dell'utilizzo, della manutenzione e dei resi dei prodotti, consentendo alle aziende di ottimizzare l'utilizzo delle risorse e massimizzare i cicli di vita dei prodotti.

Nel complesso, le intelligenze artificiali e le applicazioni innovative forniscono strumenti e soluzioni tecnologiche in grado di supportare l'adozione di un'economia circolare, facilitare un uso più efficiente delle risorse, il riciclaggio e il recupero e l'adozione di modelli di business orientati ai servizi e sostenibili (Ranta Valtteri, et al., 2021).

L'innovazione tecnologica, come detto in precedenza, si ramifica sotto diversi aspetti come le intelligenze artificiali, gli smart devices (IoT) e l'additive manufacturing.

2.1.1. L'internet delle cose (IoT)

L'Internet of Things (IoT) è il termine con cui ci si riferisce alla connessione di dispositivi fisici, oggetti e sistemi su Internet in modo che possano comunicare tra loro e scambiarsi dati³⁷. L'obiettivo principale dell'IoT è creare un ambiente in cui oggetti e dispositivi possano interagire autonomamente e lavorare insieme, aumentando così l'efficienza, l'automazione e la comodità della vita quotidiana. La base dell'IoT sono gli smart devices con sensori, attuatori e connettività di rete. Questi dispositivi sono anche chiamati "things" o "knots" e possono essere qualsiasi cosa: smartphone, elettrodomestici, automobili, abbigliamento, apparecchiature industriali, sensori ambientali e altro ancora (Mukhopadhyay et al., 2014). I sensori raccolgono dati sulle condizioni e sull'ambiente circostante e gli attuatori rispondono a comandi e stimoli specifici. La comunicazione tra dispositivi IoT avviene tramite reti di comunicazione come Internet, reti cellulari, Wi-Fi, Bluetooth o tecnologie a risparmio energetico come Zigbee e LoRa. I dati raccolti dai dispositivi vengono inviati in punto ben preciso e centrale per l'elaborazione, l'analisi e l'azione (Rose Karen et al., 2015). Questo punto centrale può essere un server remoto, un sistema di cloud computing o un gateway locale³⁸. L'analisi dei dati può essere eseguita in tempo reale o ritardata a seconda delle esigenze dell'applicazione. I dati possono essere utilizzati per monitorare l'integrità degli

³⁷ Weber, Rolf H., and Romana Weber. *Internet of things*. Vol. 12. Heidelberg: Springer, 2010.

³⁸ Un gateway è un dispositivo di rete che permette il collegamento tra due reti informatiche diverse. È locale quando consente a più utenti di connettersi a più origini dati locali. Fonte Microsoft.com

oggetti e dell'ambiente circostante, rilevare anomalie, ottimizzare l'efficienza operativa, migliorare la sicurezza, creare nuovi servizi e migliorare l'esperienza dell'utente (Xia Feng, et al., 2012). L'Internet of Things ha il potenziale, dunque, per trasformare molte aree e situazioni della vita quotidiana (Weber et al., 2010).

Dal punto di vista ecologico, l'IoT consentirà il monitoraggio e l'ottimizzazione in tempo reale di dati sensibili e dei consumi energetici o idrici. Ad esempio, i sensori possono rilevare la presenza di persone in una stanza e regolare automaticamente l'illuminazione e il riscaldamento. Si utilizza così l'energia in modo più efficiente riducendo gli sprechi. I sensori IoT possono monitorare i livelli, la qualità e il flusso dell'acqua nelle reti idriche (Liet et al., 2015). Ciò consente il rilevamento delle perdite, la riduzione dei rifiuti e l'ottimizzazione dell'irrigazione in agricoltura. I dispositivi IoT possono raccogliere dati ambientali come la qualità dell'aria, la temperatura, l'umidità e la presenza di inquinanti. Queste informazioni possono aiutare a monitorare e affrontare i problemi ambientali, consentendo di agire tempestivamente.

Dal punto di vista sociale, i dispositivi indossabili e i dispositivi medici IoT consentono un'osservazione continua della salute dei pazienti per migliorare la prevenzione, la diagnosi e il trattamento delle malattie (Rusch et al., 2023). Faciliterà anche la telemedicina, consentendo ai pazienti di essere monitorati a distanza e curati individualmente. In sostanza, questa tecnologia può aiutare a rendere le persone più sicure (Ashton, 2009). Ad esempio, i dispositivi possono

fornire notifiche in tempo reale sullo stato di sicurezza di una particolare area, aiutando le persone a evitare potenziali pericoli. Allo stesso modo, l'IoT può aiutare a ridurre il divario digitale e promuovere l'inclusione sociale andando a migliorare la qualità della vita delle persone in aree remote e con risorse limitate e fornendo così un accesso pervasivo ai servizi digitali (Voulgaridis et al., 2022).

Da una prospettiva industriale, l'IoT può migliorare l'efficienza operativa e la produttività negli ambienti industriali attraverso l'automazione e l'ottimizzazione dei processi (Pagoropoulos et al., 2017). I sensori raccolgono dati in tempo reale dalle macchine, consentendo la manutenzione predittiva, riducendo le interruzioni della produzione e semplificando la gestione delle risorse. Questo aiuterà inoltre a migliorare la tracciabilità e la trasparenza lungo tutta la catena di approvvigionamento. I dispositivi IoT possono infatti monitorare la posizione, il movimento e le condizioni dei prodotti rendendo possibile non soltanto la gestione ottimizzata dell'inventario ma anche l'ottenimento di una maggiore sicurezza alimentare e più elevati livelli di sostenibilità ambientale.

Un'ulteriore applicazione dell'Internet Of Things la si trova nello sviluppo delle cosiddette "città intelligenti" (smart cities) dove tale tecnologia contribuisce al miglioramento dell'efficienza dei servizi pubblici come l'illuminazione, la gestione del traffico, la raccolta dei rifiuti e la sicurezza (Tan Lu et al., 2010). Ciò migliorerà la qualità della vita dei suoi cittadini e consentirà una gestione delle risorse più sostenibile.

In definitiva, l'IoT offre opportunità per affrontare le sfide ambientali, sociali ed economiche, consentendo così una maggiore efficienza, un uso più intelligente delle risorse e una migliore qualità della vita.

Tuttavia, nonostante i numerosi vantaggi, l'applicazione di questa tecnologia potrebbe apportare problematiche legate alla sicurezza e alla privacy dei dati raccolti, nonché a problematiche legate all'impatto ambientale (Elaine Tavares et al., 2017). La sicurezza è molto importante in quanto i dispositivi IoT sono vulnerabili agli attacchi informatici, che possono compromettere la privacy e la sicurezza dei dati informativi e sensibili (Kristoffersen Eivind et al., 2020). La crescente adozione di dispositivi IoT può portare ad un aumento dell'inquinamento elettromagnetico, poiché molti di questi dispositivi utilizzano comunicazioni wireless, come Wi-Fi, Bluetooth e reti cellulari. L'enorme quantità di dati generati dai dispositivi IoT richiede soluzioni efficaci per la gestione, l'archiviazione, l'elaborazione e l'analisi dei dati. Per mitigare questi impatti negativi, è necessario adottare una progettazione e una produzione sostenibile dei dispositivi IoT, che includano l'efficienza energetica, l'utilizzo di materiali riciclabili e il prolungamento della durata utile dei dispositivi. E' quindi essenziale sviluppare politiche e normative che promuovano l'IoT responsabile.

2.1.2. Additive Manufacturing

La stampa 3D, nota anche come produzione additiva, è un processo di produzione che crea un oggetto tridimensionale da un modello digitale strato dopo strato. È una tecnologia che si è evoluta rapidamente negli ultimi anni e ha avuto un impatto importante su diversi settori come la produzione industriale, il design e l'eco-design, la medicina e l'architettura (Frazier, 2014).

Il processo di stampa 3D inizia con la creazione di un modello tridimensionale utilizzando un software di progettazione assistita da computer (ad esempio CAD³⁹) o la scansione di un oggetto esistente con un dispositivo di scansione 3D (Wohlers et al., 2014). Il modello viene tagliato in sottili strati orizzontali e il file risultante viene caricato su una stampante 3D. Esistono molti metodi di tecnologia di stampa 3D, ma i principali sono i seguenti.

- Stereolitografia (SLA): utilizza un laser per solidificare uno strato di fotopolimero che si indurisce se esposto alla luce. La piattaforma di costruzione viene gradualmente abbassata, consentendole di costruire uno strato alla volta (Melchels et al., 2010).

- Fused Deposition Modeling (FDM): questo è il metodo più comune e accessibile. Utilizza un filamento termoplastico che viene estruso attraverso una testina di stampa riscaldata e applicato strato dopo strato per creare un oggetto. La

³⁹ Computer-Aided Design

figura 6 sottostante mostra la composizione della stampa 3d seguendo il modello FDM.

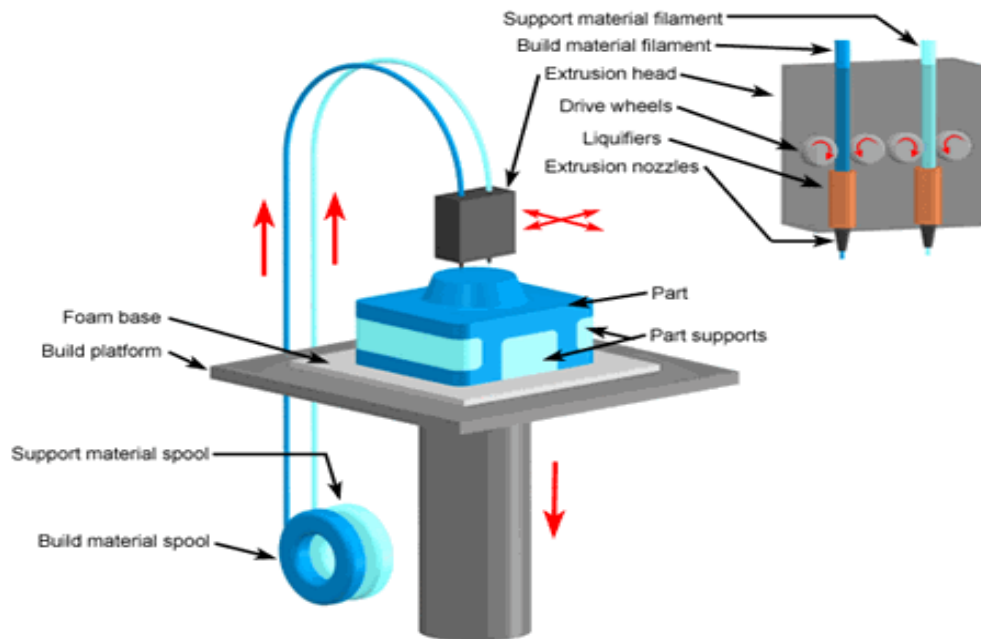


Fig. 6: FDM. Fonte: CustomPart.net

I materiali da costruzione vengono generalmente forniti sotto forma di filamenti, ma alcune informazioni vengono utilizzate al posto del pellet di plastica forniti dalle tramogge. L'ugello incorpora un riscaldatore a resistenza che mantiene la plastica appena al di sopra del suo punto di fusione, permettendole di fluire uniformemente attraverso l'ugello e formare uno strato⁴⁰. La plastica si indurisce immediatamente

⁴⁰ CustomPart.Net

dopo essere uscita dall'ugello e si lega agli strati sottostanti. Non appena viene costruito uno strato, la piattaforma viene abbassata e l'ugello di estrusione applica un altro strato (Carneiro et al., 2015).

- Sinterizzazione laser selettiva (SLS): un laser viene utilizzato per fondere e solidificare materiali in polvere come plastica, metalli e ceramica strato dopo strato per creare l'oggetto desiderato.

- Binder Jetting: un legante liquido viene utilizzato per unire insieme strati di polvere (solitamente metallo) per creare l'oggetto finale. Una volta caricato il file nella stampante 3D, inizia il processo di stampa. La macchina stende il materiale strato dopo strato secondo precise istruzioni per creare l'oggetto finale. Una volta stampato, l'oggetto viene rimosso dalla piattaforma di costruzione e rifinito con levigatura, verniciatura o altre tecniche di finitura a piacere (Ziaeeet al., 2019).

La stampa 3D presenta numerosi vantaggi rispetto ai metodi di produzione tradizionali. Offre una maggiore libertà di progettazione e la possibilità di creare forme personalizzate complesse senza i limiti dei processi di produzione tradizionali. Consente inoltre una rapida iterazione del processo di progettazione, riducendo i tempi e i costi di sviluppo associati alla prototipazione e alla produzione di piccoli volumi (Gardan Julien, 2016). La stampa 3D riduce anche lo spreco di materiale utilizzando solo il materiale necessario per creare l'oggetto.

Le applicazioni della fabbricazione additiva sono vaste e in continua crescita. Viene utilizzata per creare prototipi funzionali, parti personalizzate per l'industria

automobilistica e aerospaziale, componenti per dispositivi medici, prodotti di consumo, gioielli, scarpe e persino alimenti stampati in 3D (Wong et al., 2012). In campo medico, la stampa 3D ha consentito la produzione di protesi su misura, modelli anatomici per la pianificazione di interventi chirurgici complessi e persino organi umani artificiali. Nonostante i suoi numerosi vantaggi, la stampa 3D presenta ancora alcune limitazioni. Le stampanti 3D di alta qualità possono essere costose e richiedere competenze speciali per il funzionamento e la manutenzione. Inoltre, le velocità di stampa possono essere relativamente basse rispetto ai tradizionali metodi di produzione di massa. Tuttavia, la sua industria sta crescendo rapidamente e si prevede che continuerà a innovare e trovare nuove applicazioni (Matos et al., 2019). Con velocità di stampa più elevate, materiali di migliore qualità utilizzati e costi inferiori, la stampa 3D ha il potenziale per essere sempre più integrata nei processi di produzione in molti settori.

Tale tecnologia porta molti contributi in vari campi come l'ambiente, la società e l'industria.

Abbracciando le pratiche green, riesce a ridurre notevolmente lo scarto di materiale industriale. La stampa 3D utilizza solo la quantità di materiale necessaria per realizzare un oggetto. Ciò riduce gli sprechi rispetto ai metodi di produzione tradizionali che spesso generano grandi quantità di rifiuti pre-consumo. Inoltre, permette un consumo energetico ridotto rispetto ai metodi di produzione tradizionali (Sauerwein et al., 2019). Di fatto, richiede meno energia per produrre

lo stesso oggetto, soprattutto se prodotta su scala ridotta. In più consente la produzione di oggetti su richiesta. Ciò significa che le merci possono essere prodotte localmente, riducendo la necessità di trasporti a lunga distanza e il conseguente impatto ambientale. Associata a questo, facilita l'implementazione della produzione modulare e delle strategie di disassembly.

Da un punto di vista sociale, l'additive manufacturing consente la creazione di oggetti personalizzati in base alle esigenze e alle preferenze individuali. Così facendo si riducono importanti costi di gestione e spreco di inventario. È particolarmente importante in campo medico, dove le protesi e i dispositivi stampati in 3D possono essere personalizzati. La additive manufacturing democratizza l'accesso alla produzione, consentendo a individui, piccole imprese e comunità locali di creare cose senza fare affidamento su infrastrutture di produzione su larga scala. Ciò incoraggia l'innovazione e offre opportunità economiche a molte parti interessate.

In più garantisce tempi di sviluppo ridotti a livello industriale (Giurco et al., 2014). Questo perché la stampa 3D accelera il processo di sviluppo e commercializzazione del prodotto riducendo il tempo necessario per creare prototipi e componenti. Permette alle imprese e alle industrie di essere più flessibili anche in fase di progettazione. Questa libertà di progettazione consente di creare forme geometriche complesse e innovative, difficili da ottenere con i metodi tradizionali: prestazioni migliori, peso ridotto e componenti ottimizzati.

La stampa 3D fornisce un importante contributo all'economia circolare in quanto offre molte opportunità per ridurre gli sprechi e massimizzare l'utilizzo delle risorse (Colorado et al., 2020). Riassumendo ciò che è stato detto in precedenza, i principali benefici che porta sono:

- Meno sprechi: la stampa 3D ti consente di costruire le cose strato dopo strato utilizzando solo la quantità di materiale di cui hai bisogno. Ciò riduce lo spreco di materiale rispetto ai processi di produzione tradizionali che spesso generano grandi quantità di rifiuti. Inoltre, i rifiuti generati durante la stampa 3D possono essere riciclati e riutilizzati come materia prima per nuove stampanti 3D.

- Riutilizzo e riparazione: la stampa 3D può essere utilizzata per riparare o sostituire parti danneggiate o obsolete di un oggetto, piuttosto che sostituire l'intero oggetto stesso. Ciò prolunga la vita dell'articolo e riduce la necessità di acquistare nuovi prodotti (è in linea con il business model circolare legato all'estensione della vita del prodotto). Ad esempio, i pezzi di ricambio per elettrodomestici, automobili ed elettronica possono essere stampati in 3D per eliminare gli sprechi e promuovere un'economia circolare (Sanchez et al., 2020).

- Riciclo dei materiali: la stampa 3D permette di creare oggetti utilizzando materiali riciclati come materie prime. Alcune stampanti 3D possono utilizzare filamenti di plastica riciclata, consentendo il riutilizzo dei rifiuti di plastica e riducendo la dipendenza da materiali vergini. Inoltre, gli oggetti stampati in 3D possono essere facilmente riciclati alla fine della loro vita smontandoli in parti che

possono essere successivamente fuse e riutilizzate in nuove stampanti 3D o per altri scopi.

- Produzione locale: la stampa 3D consente la produzione su richiesta su scala locale. Ciò significa che la produzione può essere effettuata in loco, eliminando la necessità di lunghi percorsi di trasporto. La produzione locale riduce l'impatto ambientale dei trasporti e stimola l'economia locale.

Design ottimizzato: la stampa 3D offre una maggiore libertà di progettazione, consentendo di creare forme complesse e ottimizzate per ridurre il consumo di materiale e l'impatto ambientale (Bourell et al., 2017).

Nel complesso, la stampa 3D contribuisce a un'economia circolare riducendo lo spreco di materiale, rendendo gli oggetti più facili da riutilizzare e riparare, promuovendo il riciclaggio dei materiali e facilitando la produzione locale. Questi fattori aiutano a massimizzare l'uso delle risorse, ridurre l'impatto ambientale e costruire un modello di produzione più sostenibile.

2.2. L'Eco-Design

L'ecodesign è un approccio progettuale finalizzato alla creazione di prodotti, servizi e sistemi sostenibili e rispettosi dell'ambiente. L'ecodesign è considerato uno degli approcci più funzionali all'economia circolare. L'eco-progettazione non è solo progettare e realizzare prodotti con materiali riciclati, verdi, compostabili o

biodegradabili, è anche progettare ottimizzando i materiali e le risorse usate, spreandone il meno possibile e riducendo l'impatto ambientale di produzione e consumo. Si basa sulla considerazione dell'impatto ambientale di un prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita, dalla concezione, produzione e utilizzo fino allo smaltimento o al riciclaggio (Cicconi, 2020). La progettazione ecocompatibile è una risposta alle sfide ambientali e dovrebbe ridurre l'impatto negativo delle attività umane sugli ecosistemi.

I concetti chiave dell'ecodesign includono l'efficienza energetica, la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, l'uso di materiali sostenibili e riciclabili, la maggiore durata del prodotto, la facilità di smontaggio e riciclaggio e i processi di produzione con un minore impatto ambientale (Den Hollander et al., 2017). L'obiettivo principale è quello di creare soluzioni innovative che soddisfino le esigenze dei consumatori riducendo al contempo l'impatto ambientale.

Le applicazioni dell'eco-design possono abbracciare vari campi come la produzione, l'architettura, il design degli imballaggi e persino l'urbanistica. L'ecodesign nella produzione si concentra sulla progettazione di prodotti che riducono l'uso delle risorse, la generazione di rifiuti e il consumo di energia associati alla loro fabbricazione e al loro utilizzo. Ciò include l'utilizzo di materiali riciclati o biodegradabili, l'ottimizzazione dei processi di produzione per ridurre gli sprechi e l'utilizzo di energia rinnovabile (Knight et al., 2009). L'ecodesign in architettura si concentra sulla progettazione di edifici a basso impatto ambientale.

Ciò include l'utilizzo di materiali ecologici, l'adozione di sistemi di riscaldamento e raffreddamento efficienti, l'installazione di energia rinnovabile come i pannelli solari e la massimizzazione della luce naturale. Inoltre, l'eco-design dell'edificio considera anche la gestione dell'acqua piovana, la riduzione del consumo idrico e la promozione di un ambiente interno sano.

Il design del packaging è un altro settore in cui l'ecodesign può fare la differenza. L'imballaggio utilizza meno materiale, è facilmente riciclabile o riutilizzabile ed è stato sviluppato per ridurre al minimo l'impatto ambientale del trasporto e dello smaltimento (Vallet et al., 2013). Inoltre, l'obiettivo dell'eco-design degli imballaggi è quello di educare i consumatori sull'importanza del riciclaggio e di una corretta gestione dei rifiuti, anche attraverso l'utilizzo di certificazioni ambientali. L'ecodesign non riguarda solo la progettazione di prodotti, ma può anche influenzare la struttura e la forma degli oggetti stessi (Garcia-Muina et al., 2019). Ad esempio, quando si progetta un oggetto, l'ottimizzazione della sua forma e struttura può ridurre l'utilizzo di materiale garantendo allo stesso tempo la funzionalità e l'estetica desiderata. Utilizzando materiali leggeri e durevoli, è possibile ridurre il peso complessivo del prodotto, il che a sua volta riduce il consumo energetico di produzione e trasporto del prodotto. Inoltre, l'introduzione della forma ergonomica aumenta l'efficienza e l'usabilità del prodotto e riduce il consumo di risorse (Donnelly et al., 2006). Un esempio dell'applicazione dell'ecodesign è la progettazione di mobili realizzati con legno proveniente da

foreste gestite in modo sostenibile (certificazione FSC o PEFC)⁴¹. Un tale approccio aiuta a conservare le risorse naturali riducendo l'uso di sostanze dannose per l'ambiente. Inoltre, il design modulare e smontabile dei mobili può prolungare la vita dei mobili e facilitare il riciclaggio dei materiali dopo l'uso.

È importante sottolineare che l'ecodesign non riguarda solo il prodotto finito, ma anche l'intero processo di produzione. Ciò richiede l'adozione di pratiche e tecnologie a basso impatto ambientale, quali utilizzo di energia rinnovabile, riciclaggio degli scarti di produzione e controllo delle emissioni nell'aria e nell'acqua. Infine, l'ecodesign può essere esteso alla gestione dei rifiuti, facilitando il riciclaggio, il riutilizzo e il recupero dei materiali alla fine del ciclo di vita di un prodotto. L'ecodesign rappresenta quindi un approccio progettuale innovativo che considera l'impatto ambientale intero di un prodotto o di un sistema (Tukker et al., 2001). L'eco-progettazione aiuta a creare soluzioni che soddisfano le esigenze dei consumatori riducendo gli effetti negativi, ottimizzando i materiali, l'efficienza energetica, riducendo gli sprechi e promuovendo processi di produzione sostenibili. L'ecodesign contribuisce fortemente a costruire un futuro più sostenibile.

⁴¹ Il Forest Stewardship Council è un'organizzazione non governativa internazionale senza scopo di lucro. È un sistema di certificazione forestale riconosciuto a livello internazionale volto a garantire la corretta gestione forestale e la tracciabilità dei prodotti derivati. Fonte: FSC.org
La PEFC, invece, è la certificazione forestale che fornisce uno strumento per promuovere la gestione sostenibile delle nostre foreste e garantisce che i prodotti basati su materie prime forestali che raggiungono il mercato sono stati ottenuti da foreste gestite in modo sostenibile. Fonte: PEFC.it

2.3. Le strategie di implementazione dell'eco-progettazione in azienda

L'implementazione di azioni di eco-design nelle aziende industriali può essere una sfida, ma ci sono diverse soluzioni e strategie che possono facilitare questo processo. Le strategie sono efficaci solo se applicate a seguito della definizione di obiettivi, requisiti e priorità del progetto. L'obiettivo di base è minimizzare gli input e gli output di materia ed energia in termini di emissioni e rifiuti, ma la rilevanza delle strategie cambia in relazione al prodotto considerato. Prima di pianificare, e poi attuare strategie di miglioramento per minimizzare gli impatti, è bene individuare le priorità strategiche in funzione del prodotto e della sua funzione (Rossi, et al., 2016).

È molto improbabile che una singola strategia da sola sia in grado di soddisfare i requisiti ambientali di un prodotto, ma sarà necessario implementare più strategie contemporaneamente. È bene avere presenti le strategie da implementare per non intraprendere scelte che abbiano conseguenze minime sul prodotto in termini di miglioramento dell'impatto ambientale del prodotto stesso (Schischke et al., 2005). D'altro canto però, l'adozione di più strategie potrebbe comportare sinergie o conflitti generando il cosiddetto "impact transfer problem", ovvero il trasferimento di impatti da una fase all'altra del ciclo di vita del prodotto. Un esempio di conflitto tra strategie potrebbe essere quello realizzato dall'impiego di materiali polimerici riciclati con la riduzione di peso del prodotto (i materiali riciclati hanno minori resistenze e quindi richiedono spessori maggiori). Per definire bene i requisiti del

prodotto e dare priorità alle strategie di eco-design è bene conoscere e comprendere le caratteristiche del prodotto e definire gli obiettivi di fondo (Garcia-Sanchez et al., 2020). I prodotti si distinguono in beni di consumo monouso o durevoli, in beni durevoli energivori e non energivori oppure durevoli con rapida obsolescenza. Di seguito le strategie:

- *Minimizzare il consumo di materiali*: significa ridurre i consumi di materia per tutte le fasi del ciclo di vita e per un determinato servizio offerto da un determinato prodotto. Di fatto questa strategia può diminuire gli impatti durante le fasi di pre-produzione, produzione, trasporto e dismissione.

- *Minimizzare il consumo di energia*: la riduzione dei consumi di energia determina una riduzione non solo della fase produttiva ma anche legata alla fase di trasporto e all'immagazzinamento della stessa, con conseguenze ambientali notevoli come la conservazione di risorse e l'impatto ambientale evitato (Bhamra, 2004). Un esempio è quello di realizzare prodotti durevoli energivori ad uso collettivo con risparmi di energia come le lavatrici condominiali.

- *Minimizzare la tossicità o nocività delle risorse*: nella fase di progettazione sostenibile ed ecologica è essenziale considerare i possibili impatti dannosi e tossici che le risorse possono generare nel loro trattamento e produzione. Bisogna considerare la scelta dei materiali minimizzando la pericolosità delle emissioni nei trattamenti di applicazione e di dismissione.

- *Ottimizzare la rinnovabilità e biocompatibilità delle risorse*: una risorsa è considerata rinnovabile se in un determinato contesto il ritmo antropico di consumo risulta inferiore al suo ritmo naturale di riformazione. Attualmente le riserve di risorse per la produzione di alcuni materiali sono limitate se non molto limitate, è quindi necessario usare risorse rinnovabili o riutilizzabili. La rinnovabilità delle risorse dipende dalla velocità specifica di riformazione e dalla frequenza di estrazione. Pensare già in fase di progettazione di utilizzare materie prime seconde o riciclate risulta un elemento fondamentale per realizzare un prodotto competitivo duraturo (Jelinski et al., 1992).

- *Ottimizzare la vita dei prodotti*: la vita utile del prodotto consiste nel tempo durante il quale il prodotto e i suoi componenti continuano a svolgere la loro funzione originale, conservando le proprie prestazioni a standard accettabili dal consumatore del bene. Le strategie volte alla sua ottimizzazione sono legate all'estensione della sua vita utile progettando prodotti con una vita utile elevata (facilitando la manutenzione, l'aggiornamento o la riparazione) o legate a progettare prodotti con un'alta frequenza di utilizzo al fine di ammortizzare gli impatti sullo svolgimento della funzione per un numero di volte elevato (Lund et al., 1978). Nel caso di prodotti con consumi di risorse elevate in fase di uso (es. veicoli a motore ed elettromeccanici), potrebbe non comportare vantaggi ambientali il prolungamento della vita utile. In tal caso può risultare interessante prevedere un

allungamento della vita utile a fronte di aggiornamenti (o sostituzione) di alcuni componenti.

- *Estendere la vita dei materiali*: significa farli vivere oltre la durata del prodotto in cui sono contenuti. Questa estensione può avvenire attraverso il riciclaggio o l'incenerimento (Giudice et al., 2003). Tra le due opzioni è sicuramente preferibile la prima e arrivare alla seconda solamente perché la prima non è realizzabile. Il riciclaggio consiste nel riprocessare i materiali per ottenere nuove materie prime seconde. Esso porta ad una serie di vantaggi ambientali legati alla riduzione di rifiuti in discarica e al non reperimento di materie prime vergini. I materiali riciclati possono essere classificati sulla base della fase del loro ciclo di vita in cui si rendono disponibili al riciclo: nella fase del pre-consumo, che sono generalmente più puliti, ben identificati e più adatti ad un riciclo di qualità, o nella fase del post-consumo, che sono generalmente di minor qualità, non sempre ben identificabili e più complessi da riciclare (Plouffe et al., 2011). L'incenerimento, invece, consiste nel recuperare il contenuto energetico disponibile dai materiali non riciclabili attraverso la loro combustione.

- *Facilitare il disassemblaggio*: consiste nel realizzare e progettare prodotti facilmente disassemblabili. Si può disassemblare attraverso una separazione tra le parti oppure tra i materiali (Boothroyd et al., 1992). Separare le parti agevola la manutenzione, la riparazione, l'aggiornabilità e la ri-fabbricazione dei prodotti, mentre separare i materiali agevola il riciclo, la combustione, il compostaggio e il

loro isolamento. La separazione dei materiali o delle parti può avvenire per frantumazione o per separazione magnetica o induzione⁴². Il disassemblaggio è normalmente condotto mediante operazioni manuale. È automatizzato quando non è richiesta alcuna flessibilità nel processo stesso (Tang Ying et al., 2002).

La seguente Figura 3 mostra i grandi margini di miglioramento che si potrebbero ottenere adottando una visione e strategie eco-sostenibili già nella fase di progettazione. Il caso nella figura è stato realizzato dallo studio di Mendoza et al. nel 2017 chiamato “Integrating Backcasting and Eco-Design for the Circular Economy: The BECE Framework”. Il prodotto preso in esame nella figura 7 è un’aspirapolvere.

⁴² La separazione magnetica è un sistema utilizzato per eliminare del materiale ferroso da altri tipi di materiali. La separazione ad induzione consiste in macchine operative innovative che permettono di ottenere un’eccellente separazione dei metalli non ferrosi, dei materiali inerti e delle più piccole parti di metalli ferrosi che possono sfuggire ai tradizionali separatori magnetici.

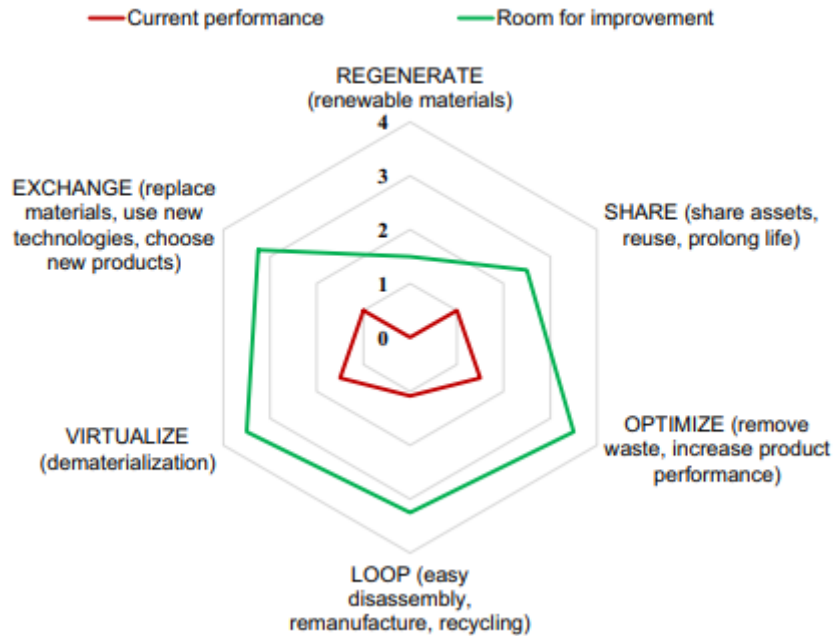


Fig. 7. Risultati della valutazione qualitativa dei criteri del ciclo di vita (QALCC) per l'aspirapolvere. Fonte: Mendoza et al., Integrating Backcasting and Eco-Design for the Circular Economy.

La differenza tra la "prestazione attuale" e il "potenziale di miglioramento" del prodotto mostrato nella figura 7 rappresenta la flessibilità di implementare le azioni di Circular Economy all'interno dell'operato aziendale e nella propria catena di fornitura. Come si può vedere, in questo caso i requisiti con il maggior potenziale di miglioramento sono quelli relativi alle azioni di loop e exchange, seguiti a ruota dai requisiti relativi a optimize e virtualize. Pertanto, gli sforzi di progettazione ecocompatibile dovrebbero concentrarsi sullo sviluppo di queste azioni attraverso strategie legate al disassemblaggio, alla riprogettazione del prodotto, alla

ottimizzazione della vita dei prodotti, all'estensione della vita dei materiali e l'innovazione del modello di business sostenibili e circolari.

2.4. Lo studio LCA

Anche gli studi LCA (Life Cycle Assessment) fanno parte delle diverse innovazioni tecnologiche che aiutano a rendere i processi e le strutture aziendali più circolari e contribuiscono ad una crescita e sviluppo ecosostenibile. L'analisi del Ciclo di Vita è una metodologia utilizzata per descrivere e calcolare l'impatto ambientale di un determinato prodotto o un servizio lungo l'intero suo ciclo di vita, ovvero dalla sua creazione fino al suo smaltimento o distruzione (Bjorn et al., 2018). Questo studio è essenziale qualora le aziende volessero cominciare a realizzare la transizione verso l'adozione di business model sostenibili e circolari e verso l'adozione di pratiche di design ecologico (Finnveden et al, 2009). Lo scopo principale dell'LCA è di identificare, valutare e quantificare l'impatto ambientale complessivo di un prodotto o servizio in modo olistico per permettere alle aziende di determinare quanto influenzano l'ambiente circostante negativamente e come possono migliorare la propria situazione (Klopffer et al., 2014). Lo studio LCA comprende generalmente quattro grandi fasi principali:

- I. Definizione dell'obiettivo e dell'ambito: in questa fase vengono definiti gli obiettivi dello studio e i limiti temporali e geografici del sistema da

analizzare. Si decide quale prospettiva adottare, ad esempio se concentrarsi su un solo prodotto o considerare l'intero sistema produttivo (Rebitzer Gerald, et al., 2004).

- II. **Analisi del ciclo di vita:** questa fase raccoglie dati dettagliati su ciascuna fase del ciclo di vita del prodotto o del servizio (Reap et al., 2008). Ciò include la raccolta dei dati sull'estrazione delle materie prime, l'energia e i materiali utilizzati nella produzione, il trasporto, l'uso finale e lo smaltimento dei materiali.
- III. **Valutazione dell'impatto:** in questa fase vengono valutati gli impatti ambientali individuati nella fase precedente. Gli impatti includono ad esempio le emissioni di gas serra, l'uso delle risorse naturali, la tossicità per la salute umana, l'acidificazione del suolo e l'uso del suolo (Pennington et al., 2004).
- IV. **Interpretazione dei risultati:** il passaggio finale consiste nell'interpretare i risultati dell'analisi del ciclo di vita. I risultati possono essere visualizzati in una varietà di formati, anche specifici come indicatori di impatto ambientale o come grafici che mostrano le fasi del ciclo di vita che contribuiscono maggiormente all'impatto complessivo (Reap et al., 2008).

La figura 8 sottostante mostra le 4 fasi principali dell'approccio LCA.

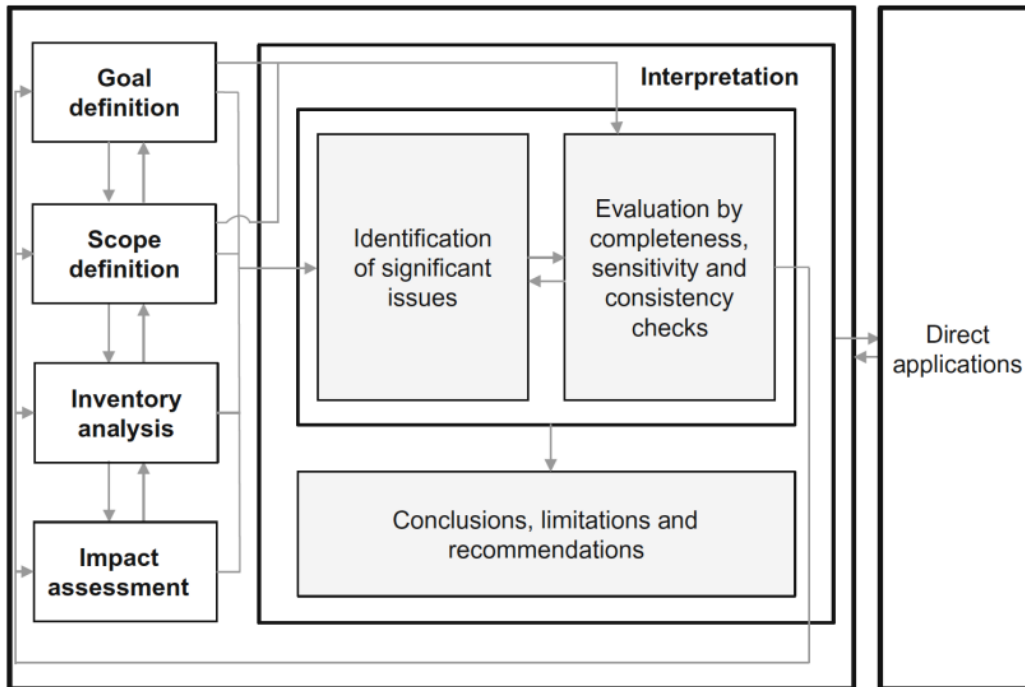


Fig 8. LCA Framework. Fonte: Stanford University.

L'esito della valutazione è fondamentale per determinare la forza delle conclusioni e delle raccomandazioni dello studio e deve pertanto essere presentato in modo da fornire al committente e all'utente dello studio una chiara comprensione del risultato (Jacquemon et al., 2012). Viene eseguita in un'interazione con l'identificazione delle questioni chiave al fine di determinare l'affidabilità e la stabilità dei risultati dall'elemento di identificazione (Guinée et al., 2001). La valutazione prevede:

- Controllo di completezza.
- Analisi di sensibilità in combinazione con l'analisi dell'incertezza.
- Controllo di coerenza.

Vengono eseguiti controlli di completezza per l'inventario e la valutazione dell'impatto al fine di determinare il grado di completezza dei dati disponibili per i processi e gli impatti che sono stati identificati come problemi significativi (Hellweg et al., 2014). Se le informazioni pertinenti risultano mancanti o incomplete per alcuni dei processi chiave o per i flussi elementari più importanti o per le categorie di impatto, è necessario esaminare la necessità di tali informazioni per soddisfare l'obiettivo e la portata dell'LCA.

Il controllo di sensitività ha lo scopo di identificare nei processi chiave e nei flussi elementari gli elementi più importanti che maggiormente contribuiscono agli impatti complessivi del sistema prodotto (Guinée, 2002).

L'analisi di sensibilità può essere eseguita e presentata come un'analisi di contributo (quali attività contribuiscono a quali punteggi di impatto ambientale, di quanto e attraverso quali flussi elementari?) o un'analisi di dominanza/rilevanza (quali attività contribuiscono maggiormente a quali impatti o flussi?). La combinazione di analisi di sensibilità e analisi di incertezza aiuta ad identificare i punti focus per migliorare la raccolta dei dati di inventario o la valutazione dell'impatto (Iooss et al., 2017). Il punto focus e centrale per il miglioramento della qualità dei dati è ottenuto da quei dati con una forte influenza sui risultati complessivi e un'incertezza elevata o discutibile, di cui è necessario approfondire nei successivi step.

Il controllo di coerenza viene eseguito per verificare se i presupposti, i metodi e i dati, che sono stati applicati nello studio, sono coerenti con l'obiettivo e l'ambito.

In caso di confronto tra diversi sistemi di prodotti, il controllo di coerenza esamina anche se le regole di allocazione e la definizione dei limiti del sistema, nonché la valutazione dell'impatto, sono state applicate in modo coerente a tutti i sistemi di prodotti confrontati (Raugei et al., 2015). Quando vengono identificate incoerenze o incongruenze, la loro influenza sui risultati dello studio viene valutata e considerata per trarre conclusioni dai risultati.

L'elemento finale dell'interpretazione deve trarre conclusioni e identificare i limiti dello studio e sviluppare raccomandazioni per il pubblico previsto. È possibile trarre conclusioni preliminari sulla base dell'identificazione delle questioni significative e della loro valutazione in termini di completezza, sensibilità e coerenza (SAIC et al, 2006). Vengono poi verificate se tali conclusioni preliminari sono conformi ai requisiti della definizione dell'ambito dello studio (in particolare requisiti di qualità dei dati, ipotesi e valori predefiniti e limitazioni nella metodologia e nello studio). Se le conclusioni sono in linea con i requisiti, possono essere riportate come conclusioni finali, altrimenti devono essere riformulate e ricontrollate. Le raccomandazioni basate sulle conclusioni finali dello studio dovrebbero essere conseguenze logiche e ragionevoli delle conclusioni. Dovrebbero essere basate solo su risultati significativi e riferirsi all'applicazione prevista dello studio come definito nella goal definition (Hunkeler, 2006).

Per realizzare lo studio del Life Cycle Assessment, i professionisti LCA utilizzano vari software specifici come SimaPro e Gabi (Herrmann et al., 2015). SimaPro è

uno dei software LCA più popolari e ampiamente utilizzato dalla comunità LCA professionale. SimaPro offre un'ampia gamma di funzionalità per l'esecuzione dell'analisi del ciclo di vita, inclusa la raccolta dei dati, la mappatura dell'inventario, la valutazione dell'impatto e l'interpretazione dei risultati. GaBi, d'altra parte, è un altro popolare software LCA che offre strumenti di modellazione e analisi del ciclo di vita. Supporta la raccolta dei dati, l'elaborazione dell'inventario, la valutazione dell'impatto e fornisce un'interfaccia intuitiva per l'analisi dei risultati. Questo software LCA facilita il processo di analisi del ciclo di vita fornendo una piattaforma per la gestione dei dati, il calcolo degli impatti ambientali e la visualizzazione dei risultati (Rice et al., 1997). Questi consentono di importare dati di inventario da varie fonti, come database di inventario o dati aziendali specifici, e calcolare indicatori di impatto ambientale utilizzando metodi e modelli predefiniti. Il software LCA offre spesso anche la possibilità di adattare l'analisi alle esigenze specifiche dello studio, ad esempio consentendo l'aggiunta di nuovi dati di inventario o l'uso di specifici metodi di valutazione dell'impatto.

Lo studio del LCA fornisce una panoramica completa dell'impatto ambientale di un prodotto o di un processo, identifica le fasi del ciclo di vita che contribuiscono maggiormente agli impatti negativi e consente di individuare le opportunità di miglioramento (Hauschild et al., 2018). Queste informazioni possono essere utilizzate per prendere decisioni più informate nella progettazione del prodotto

(ecodesign), nello sviluppo di politiche ambientali e nella valutazione complessiva della sostenibilità di un'attività.

CAPITOLO 3 – LA SOSTENIBILITA' DELLE ETICHETTE NELLA GRANDE DISTRIBUZIONE ORGANIZZATA

3.1. Etichette: concetti e tipologie

Le etichette sono rappresentazioni visive, scritte o grafiche attaccate ad oggetti, prodotti o confezioni per fornire informazioni, identificare, istruire o comunicare determinati dettagli o caratteristiche. Le etichette possono essere realizzate con carta, plastica, tessuto o altri materiali adesivi. In Europa, ci sono diverse aziende specializzate nella produzione di etichette, sia grandi imprese che piccole e medie imprese. Queste aziende possono utilizzare tecnologie avanzate di stampa e produzione per creare etichette su vari materiali, in base alle esigenze dei clienti. La produzione può includere etichette autoadesive, etichette non adesive, etichette per packaging, etichette RFID (Radio Frequency Identification), e molto altro (Collins, 2002). Il commercio delle etichette in Europa è dinamico e coinvolge un'ampia rete di distributori, rivenditori e aziende. Le etichette prodotte possono essere vendute e distribuite sia a livello nazionale che internazionale, grazie alla libera circolazione delle merci all'interno dell'Unione Europea. Esistono norme e standard di qualità e sicurezza che le etichette devono rispettare per essere commercializzate in Europa. Il fine principale delle etichette è di identificare oggetti, prodotti, pacchi o contenitori, fornendo informazioni come il nome, il marchio, il codice a barre o il numero di serie e sono ampiamente usate in diverse situazioni e ambiti per scopi vari (White, 2012).

Le etichette possono fornire informazioni utili o necessarie, come istruzioni per l'uso, istruzioni di lavaggio per capi d'abbigliamento, ingredienti, data di scadenza, informazioni nutrizionali, avvertenze di sicurezza o indicazioni per l'installazione di apparecchi elettronici. In alcuni contesti, come prodotti chimici o dispositivi pericolosi, le etichette sono utilizzate per segnalare i rischi per la salute o la sicurezza e fornire informazioni sulla gestione sicura del prodotto.

Dal lato del marketing possono essere usate per attirare l'attenzione dei consumatori e promuovere offerte speciali, sconti, vantaggi o caratteristiche uniche dei prodotti. Alcune etichette, il più delle volte per scopi di comunicazione ed immagine, possono indicare la sostenibilità ambientale dei prodotti o i metodi di produzione eco-friendly (Lyndhurst, 1997). A livello logistico aiutano a categorizzare meglio i prodotti in base alle dimensioni, al colore, al gusto, alla variante o ad altre caratteristiche. Le etichette sono presenti in molti settori e contesti, come nell'industria alimentare, nel settore tessile e abbigliamento, nell'elettronica di consumo, nella logistica e nella spedizione, nei prodotti chimici e così via. Sono uno strumento importante per fornire informazioni, migliorare la comunicazione, agevolare l'organizzazione e guidare le decisioni dei consumatori e degli utenti. Esistono molte situazioni differenti per l'utilizzo delle etichette e di conseguenza anche esse si distinguono in diverse finalità.

Le etichette possono essere realizzate con una vasta gamma di materiali, a seconda delle esigenze e dell'applicazione specifica. Esistono diversi materiali che possono andare a comporre le etichette:

- **Carta:** La carta è uno dei materiali più utilizzati per le etichette. Può essere di diversi tipi, come carta patinata, carta kraft, carta termica, carta autoadesiva, ecc.
- **Film plastici:** I film plastici sono ampiamente utilizzati per etichette resistenti all'acqua, durevoli e con proprietà speciali. I materiali comuni includono polipropilene (PP), polietilene (PE), poliestere (PET), vinile (PVC) e polivinilcloruro (PVC).
- **Materiali sintetici:** Questi includono materiali come il poliestere bianco opaco (BOPP), polipropilene bianco opaco (BOPP), polietilene bianco opaco (BOPE), polietilene tereftalato bianco opaco (BOPET).
- **Cartoncino:** Le etichette in cartoncino sono spesso utilizzate per prodotti come i vini o per etichette che richiedono uno spessore maggiore.
- **Alluminio:** Le etichette in alluminio sono utilizzate per applicazioni speciali come l'etichettatura di attrezzature, macchinari, o in ambienti ad alta temperatura.
- **Materiali tessili:** In alcuni casi, le etichette tessili vengono utilizzate per l'abbigliamento e i prodotti tessili.

- **Materiali speciali:** A seconda dell'applicazione, possono essere utilizzati materiali speciali come etichette adesive sensibili alla pressione (pressure-sensitive labels), etichette termiche (termosensibili), etichette a rilievo, etichette a rilievo tattile, etichette a foglia d'oro, ecc.
- **Adesivi:** L'adesivo è fondamentale per far aderire l'etichetta al substrato. Gli adesivi possono essere a base di acrilico, gomma, silicone o altri materiali, e possono essere permanenti o rimovibili.
- **Rivestimenti:** Alcune etichette possono essere rivestite con materiali speciali per conferire resistenza all'abrasione, protezione UV o altre caratteristiche specifiche.

Le combinazioni di questi materiali possono variare ampiamente in base alle esigenze di design e alle specifiche dell'etichetta, come la durabilità, l'ambiente di utilizzo, l'adesione richiesta o la resistenza chimica. Inoltre, le dinamiche di composizione delle etichette cambia a seconda del tipo di etichetta che si realizza (Medeiros et al., 2019). Esistono infatti diverse tipologie di etichette che vanno ad esaudire le esigenze di produttori e dei packaging.

Etichetta adesiva: Le etichette adesive sono un tipo di etichetta che utilizza uno strato di adesivo sulla parte posteriore per attaccarsi ad un oggetto od una superficie. Queste etichette sono comunemente utilizzate per identificare, classificare o fornire informazioni su prodotti, pacchi, documenti e contenitori. Sono disponibili in una vasta gamma di dimensioni, forme, colori e materiali per adattarsi alle diverse

esigenze e applicazioni (Einsla et al., 2019). Questo tipo di etichetta è ampiamente utilizzato nelle attività creative e di progettazione. Ad esempio, viene spesso utilizzata per decorare oggetti come album fotografici, cornici, scatole regalo e cartelloni. È anche comune nell'organizzazione e nell'etichettatura degli oggetti, come nel caso delle etichette per indirizzi o per la segnaletica.

Etichette sleeve: Le etichette sleeve, conosciute anche come etichette a manica o etichette termoretraibili, sono un tipo di etichetta per i confezionamenti che copre completamente il prodotto o il contenitore su cui vengono applicate. Queste etichette sono realizzate in materiale plastico termoretraibile, il che significa che, quando vengono esposte al calore, si restringono aderendo saldamente al confezionamento (Geldenhuis, 2015). Le etichette sleeve offrono una presentazione accattivante e permettono di avvolgere completamente il prodotto, consentendo di utilizzare l'intera superficie dell'etichetta per il branding, le informazioni del prodotto e le grafiche promozionali. Sono ampiamente utilizzate per imballaggi di vari prodotti, come bottiglie di bevande, contenitori di alimenti, prodotti cosmetici e detersivi. Per applicare le etichette sleeve, il produttore utilizza tipicamente una macchina etichettatrice termoretraibile, che fa passare il contenitore con l'etichetta attraverso un tunnel di calore. Il calore fa restringere la pellicola della manica, che si aderisce saldamente al confezionamento. Le etichette sleeve sono una scelta popolare per molte aziende che desiderano presentare i loro

prodotti in modo professionale ed elegante, attirando l'attenzione dei consumatori sugli scaffali dei negozi.

Etichette termoadesive: Le etichette termoadesive, anche note come etichette adesive termiche, sono un tipo di etichetta che si attacca a un oggetto o a un contenitore utilizzando il calore. Queste etichette contengono uno strato di adesivo sensibile al calore sulla parte posteriore, che si attiva quando viene esposto a temperature elevate (Lestas, 1976). Di solito, le etichette termoadesive vengono applicate utilizzando una macchina etichettatrice termica, che utilizza calore per attivare l'adesivo e incollarlo saldamente al materiale di destinazione. Queste etichette sono utilizzate largamente in diversi settori quali spedizioni, trasporti e in ambienti industriali. È importante notare che le etichette termoadesive possono variare in termini di materiali, adesivi utilizzati e caratteristiche specifiche a seconda delle esigenze dell'applicazione. Sono disponibili in diverse forme, dimensioni e colori per adattarsi a una vasta gamma di utilizzi.

Etichette rimovibili: Le etichette rimovibili sono un tipo di etichetta adesiva progettata per essere facilmente rimossa senza lasciare residui o danneggiare la superficie su cui sono state applicate. Queste etichette sono realizzate con un adesivo delicato, che consente loro di aderire saldamente al materiale di destinazione durante l'uso, ma di essere rimosse senza alcuna difficoltà quando necessario (Czech, 2006). Le etichette rimovibili sono realizzate con materiali e adesivi specifici che forniscono un'adesione meno aggressiva rispetto alle etichette

permanenti. Ciò significa che possono essere staccate con facilità e senza lasciare residui adesivi sulle superfici, evitando danni o sporcizia. Tuttavia, è importante notare che l'adesione delle etichette rimovibili può variare in base al tipo di superficie su cui vengono applicate. In alcune situazioni, potrebbero essere necessari sforzi minimi per rimuovere l'etichetta, mentre in altre potrebbe richiedere un po' più di attenzione per evitare danni. In generale, le etichette rimovibili sono una soluzione pratica e conveniente quando è richiesta un'adesione temporanea e una facile rimozione senza residui.

Etichette espandibili: Le etichette espandibili, conosciute anche come etichette a libro o etichette estensibili, sono un tipo speciale di etichetta che può essere aperta o estesa per fornire ulteriori informazioni o spazio per contenuti aggiuntivi. Queste etichette sono progettate con uno strato aggiuntivo o una sezione pieghevole che si apre o si espande quando viene tirata o sollevata. Le etichette espandibili sono spesso utilizzate per fornire informazioni aggiuntive su prodotti, istruzioni dettagliate, avvertenze o informazioni multilingue, senza occupare troppo spazio sulla superficie principale del confezionamento. Sono particolarmente utili quando è necessario includere un'elevata quantità di testo o contenuti, ma lo spazio a disposizione è limitato (Xu et al., 2023). La forma e il design specifici dipendono dalle esigenze dell'applicazione e dalla quantità di contenuti da includere. Le etichette espandibili rappresentano una soluzione pratica ed efficiente per fornire

informazioni dettagliate su prodotti o documenti senza dover utilizzare spazi aggiuntivi per le etichette o sacrificare l'estetica del packaging.

Etichette biodegradabili: Le etichette biodegradabili sono un tipo di etichetta realizzata con materiali che possono essere decomposti in modo naturale e relativamente rapido attraverso processi biologici, riducendo l'impatto ambientale (Czech et al., 2013). Queste etichette sono progettate per essere ecologiche e sostenibili, contribuendo a ridurre l'inquinamento ambientale causato da rifiuti di plastica non biodegradabile.

Etichette con realtà aumentata: Le etichette con realtà aumentata (AR) sono un tipo innovativo di etichetta che utilizza la tecnologia della realtà aumentata per fornire esperienze interattive e coinvolgenti ai consumatori (Chaves et al., 2010). Queste etichette vanno oltre la tradizionale stampa statica e consentono di integrare contenuti digitali, come video, immagini, animazioni, link, e altro ancora, direttamente sul confezionamento o sull'etichetta stessa. Le etichette con realtà aumentata funzionano tipicamente attraverso l'uso dell'IoT come app mobili o software che scansionano l'etichetta o il packaging utilizzando la fotocamera dello smartphone o del dispositivo. Una volta scansionata l'etichetta, l'app attiva il contenuto digitale sovrapposto alla visualizzazione del mondo reale, creando così un'esperienza arricchita e interattiva per l'utente. Le etichette con realtà aumentata sono particolarmente popolari in settori come la moda, il food & beverage, l'elettronica di consumo e i giocattoli, ma possono essere utilizzate in diverse

industrie per coinvolgere i consumatori e fornire informazioni interattive e coinvolgenti. Questa tecnologia crea un ponte tra il mondo fisico e digitale, offrendo nuove opportunità per coinvolgere i consumatori, migliorare l'esperienza di acquisto e creare connessioni emotive con il marchio.

3.2. Il processo di etichettatura

Il processo di etichettatura raggruppa le fasi di creazione, progettazione e applicazione di etichette su prodotti, imballaggi o altri oggetti (Temple, 2014). Questo processo può variare a seconda del tipo di prodotto, delle normative locali o internazionali e delle esigenze specifiche del settore.

La prima fase del processo di etichettatura è identificare le informazioni necessarie che devono essere riportate sull'etichetta. Queste informazioni possono includere il nome del prodotto, il marchio, l'elenco degli ingredienti, le informazioni nutrizionali, le istruzioni d'uso, le date di scadenza, le certificazioni, gli allergeni e altro ancora. Una volta identificate le informazioni necessarie, si procede alla progettazione dell'etichetta. Questa fase comprende la scelta del layout, dei colori, dei caratteri e dei simboli da utilizzare per rendere l'etichetta chiara, leggibile e attraente (Costato, 2011). Nel processo di etichettatura, è essenziale garantire la conformità alle normative locali, regionali o internazionali riguardanti l'etichettatura dei prodotti. Ciò può includere regolamenti sulle informazioni

obbligatorie da riportare, le dimensioni dei caratteri, gli avvertimenti di sicurezza e i requisiti di conformità. Una volta progettata l'etichetta, viene prodotto il materiale fisico. Le etichette possono essere stampate su carta, plastica o altri materiali adesivi, a seconda della funzione che dovrà andare a svolgere. Spesso, le etichette dei prodotti vengono realizzate con materiali plastici, come PVC, PET o altri polimeri. La produzione di questi materiali richiede risorse energetiche e materie prime, come il petrolio, che contribuiscono alle emissioni di gas serra e all'esaurimento delle risorse naturali. Ecco perché è importante procedere verso una transizione ecologica anche in questo settore. Le etichette vengono poi applicate ai prodotti o alle confezioni. Questa fase può essere eseguita manualmente o attraverso sistemi di etichettatura automatici, a seconda della quantità e della complessità delle etichette da applicare (Geldenduys, 2016).

È importante eseguire controlli di qualità per verificare che le etichette siano applicate correttamente, siano leggibili e che contengano tutte le informazioni necessarie. E nel caso di produzioni su larga scala, è fondamentale gestire l'inventario delle etichette per garantire che siano sempre disponibili in quantità adeguate per l'applicazione. Il processo di etichettatura è un'attività importante per garantire che i prodotti siano chiaramente identificati, conformi alle normative e che forniscono le informazioni necessarie per i consumatori. Un'etichettatura accurata e completa aiuta i consumatori a prendere decisioni informate durante l'acquisto e contribuisce alla sicurezza dei prodotti commercializzati.

3.3. Etichette e Packaging

Le etichette utilizzate nei packaging sono strumenti essenziali per comunicare informazioni fondamentali ai consumatori riguardo ai prodotti che stanno acquistando. Svolgono un ruolo cruciale nel fornire istruzioni per l'uso, informazioni nutrizionali, avvertenze e molto altro. Queste etichette sono regolamentate e devono rispettare normative specifiche a seconda del settore e del paese in cui i prodotti vengono commercializzati. Il principale scopo delle etichette sui packaging è quello di fornire informazioni essenziali per i consumatori in modo che possano prendere decisioni informate e responsabili sull'acquisto e l'uso dei prodotti (Hawley et al., 2013). Le informazioni riportate sull'etichetta possono variare a seconda del tipo di prodotto e possono includere: nome e marchio del prodotto, ingredienti e informazioni nutrizionali (per prodotti alimentari), avvertenze e precauzioni (per prodotti chimici o farmaceutici), istruzioni per l'uso e la conservazione, data di scadenza o lotto, informazioni sul produttore o distributore, codici a barre e QR code per la tracciabilità e certificazioni di qualità o di origine.

Le etichette usate nei packaging si contraddistinguono enormemente in base al prodotto che trattano. Le etichette per i prodotti alimentari sono particolarmente importanti perché forniscono informazioni nutrizionali sostanziali per la salute e il benessere dei consumatori. Le etichette per prodotti chimici e farmaceutici sono estremamente importanti per la sicurezza dei consumatori e degli operatori che li

manipolano (Hoch et al., 1993). Sopra di esse sono presenti simboli di pericolo e istruzioni per l'uso sicuro del prodotto. Le etichette sui prodotti elettronici e dispositivi offrono informazioni riguardanti le specifiche tecniche, la sicurezza e la conformità ai regolamenti. Le etichette sui prodotti tessili e di abbigliamento sono progettate per fornire informazioni sulla composizione del tessuto, le istruzioni per il lavaggio e la cura, nonché l'origine del prodotto. Queste particolari etichette sono anche normate direttamente dal Regolamento Ue 1007/2011 il quale stabilisce le norme per l'etichettatura dei prodotti tessili, inclusa l'indicazione delle fibre utilizzate, il paese di origine e le istruzioni per il lavaggio. Le etichette sui prodotti cosmetici forniscono informazioni sugli ingredienti utilizzati, la data di scadenza, le avvertenze per l'uso e il logo di prodotti cruelty-free o vegani volti ad informare il cliente sulle pratiche etiche del produttore. I prodotti biologici e certificati da organismi riconosciuti richiedono etichette specifiche per garantire la conformità alle normative del settore biologico come il marchio biologico europeo⁴³. Le bevande alcoliche, come vini e liquori, richiedono etichette che forniscono informazioni specifiche riguardo al contenuto alcolico, il paese di origine, l'anno di produzione e il produttore (Cavalcante, 2003). I prodotti per la cura della casa, come

⁴³ Il logo biologico dell'UE fornisce un'identità visiva coerente ai prodotti biologici dell'Unione europea. Ciò rende più facile per i consumatori identificare i prodotti biologici e aiuta gli agricoltori a commercializzarli in tutta l'UE. Il logo è obbligatorio per la maggior parte dei prodotti biologici e deve essere esposto secondo una serie di norme specifiche al fine di evitare la confusione dei consumatori, contribuire a mantenere la fiducia nei prodotti alimentari biologici e sostenere le autorità nei loro regimi di ispezione. Fonte: Commissione dell'Unione Europea.

detergenti, saponi o candeggine, richiedono etichette con informazioni sulla composizione chimica, le precauzioni d'uso e l'efficacia. I prodotti per animali domestici, come cibo per cani e gatti o prodotti per la cura degli animali, richiedono etichette con informazioni nutrizionali e istruzioni per l'uso sicuro.

Le etichette usate nei packaging sono quindi elementi necessari ed obbligatori per fornire informazioni essenziali agli acquirenti riguardo ai prodotti che stanno acquistando. Ed oltre ad essere uno strumento di comunicazione e di marketing, le etichette giocano un ruolo fondamentale nella sicurezza dei consumatori e nella protezione della loro salute e benessere.

È comune ormai trovare affianco alle etichette di prodotto e obbligatorie nei packaging, le etichette ecologiche, ovvero le ecolabels. Esse oltre a comunicare impegni e traguardi raggiunti a favore dell'ambiente, sono anche un grande strumento di comunicazione volto a migliorare l'immagine e la reputazione del brand, dell'azienda e del prodotto stesso.

3.4. La filiera delle etichette: verso la sostenibilità

La filiera delle etichette è composta da più fasi ed attori che agiscono insieme per la produzione, la fabbricazione, la distribuzione e la commercializzazione delle etichette. Questa filiera coinvolge diversi settori, tra cui la stampa, la produzione dei materiali, l'industria cartaria, il settore del packaging e i sistemi logistici e di

trasporto (Stevens, 1990). Si possono distinguere 7 differenti fasi cronologiche che vanno a formare la filiera delle etichette:

- **Progettazione e sviluppo:** Questa fase comprende la progettazione grafica dell'etichetta, la scelta dei materiali e delle tecnologie di stampa più adatte. Più si adotta un pensiero eco-sostenibile e proattivo verso l'ambiente più si riesce a realizzare etichette rispettose della natura. All'interno della progettazione, vengono considerati anche i requisiti di conformità normativa e di branding del cliente.
- **Produzione dei materiali:** I materiali per etichette possono includere carta, plastica, metalli, tessuti e adesivi. Le aziende specializzate producono e forniscono tali materiali agli stampatori di etichette.
- **Stampa e conversione:** Le etichette vengono stampate utilizzando diverse tecnologie, come la stampa digitale, la flessografia o la serigrafia⁴⁴. In questa fase, i materiali forniti vengono trasformati in bobine di etichette, che successivamente verranno tagliate e convertite nelle dimensioni e nelle forme desiderate.
- **Finitura e applicazione:** Le etichette possono essere sottoposte a diverse finiture, come il laminato protettivo, la laminazione, l'embossing o il

⁴⁴ La flessografia è un metodo di stampa rotativa diretta che usa lastre matrici a rilievo di gomma o di materiali fotopolimerici detti cliché. La serigrafia è una tecnica di stampa utilizzata per trasferire un'immagine su una superficie tramite l'uso di un telo o un tessuto teso su un telaio.

goffrato⁴⁵. Successivamente, vengono applicate sul prodotto tramite macchine etichettatrici o manualmente.

- **Distribuzione e logistica:** Le etichette finite vengono distribuite ai clienti attraverso una rete di distributori, rivenditori o direttamente dal produttore. La logistica è fondamentale per garantire una consegna tempestiva e corretta delle etichette ai punti di utilizzo.
- **Commercio e marketing:** In questa fase, le etichette vengono commercializzate e vendute alle aziende o ai consumatori finali. Gli aspetti di marketing, come il packaging, la promozione e l'etichettatura ambientale, sono presi in considerazione per aumentare l'attrattività e la visibilità delle etichette sul mercato (Behera et al., 2015).
- **Smaltimento e riciclaggio:** Alla fine del ciclo di vita, le etichette possono essere rimosse dal prodotto o smaltite insieme ad esso. Nel caso di etichette realizzate con materiali riciclabili, possono essere separate e avviati a un processo di riciclo per essere riutilizzati.

È importante sottolineare che la filiera delle etichette può variare a seconda del settore e del tipo di etichetta (ad esempio, etichette alimentari, etichette di abbigliamento, etichette per imballaggi industriali, etichette farmaceutiche, ecc.).

⁴⁵ Il significato di goffrato o embossing è “stampa in rilievo” oppure “stampato con una stampa in rilievo”. La goffratura è il processo di realizzazione di disegni incassati o in rilievo su carta, metalli e altri materiali.

Tuttavia, i principi generali e le fasi descritte sopra sono comuni nella maggior parte dei casi (Banterle et al., 2013).

Per rendere la filiera delle etichette sostenibile occorre in primis concentrarsi sull'adozione di pratiche e processi che riducono l'impatto ambientale e promuovono la sostenibilità lungo l'intero ciclo di vita del prodotto. Questa filiera sostenibile coinvolge misure che vanno dalla progettazione ecocompatibile dei materiali alla gestione responsabile dei rifiuti. Di fatti, la fase principale nella quale si possono ridurre drasticamente gli effetti negativi dello smaltimento delle etichette è la fase di progettazione (Muller, 2008). Se si adottassero strategie sostenibili fin dal principio si potrebbe ridurre in maniera sostanziale l'inquinamento delle etichette.

Ci sono diverse strategie da poter realizzare nella progettazione e a seguire nella produzione, come l'utilizzo di materiali ecologici. Nella filiera sostenibile viene data priorità all'utilizzo di materiali ecologici e a basso impatto ambientale per le etichette. Si promuove l'adozione di materiali riciclabili, compostabili o provenienti da fonti rinnovabili, riducendo così la dipendenza da risorse non rinnovabili e minimizzando l'uso di plastica e altri materiali inquinanti (Carter et al., 2011). Inoltre, si può influire positivamente con un efficientamento energetico. Gli attori lungo la filiera sostenibile delle etichette cercano di ridurre il consumo energetico durante le fasi di produzione, stampa e applicazione delle etichette. Vengono adottate tecnologie e processi energeticamente efficienti, come l'uso di macchinari

a basso consumo energetico, l'ottimizzazione dei flussi di lavoro e l'impiego di fonti di energia rinnovabile.

Anche la fase ultima della catena industriale delle etichette gioca un ruolo chiave sotto il punto di vista ambientale. Infatti, l'obiettivo principale è quello di ridurre gli scarti il più possibile accompagnandoli con pratiche di riciclo. La riduzione degli scarti e la gestione responsabile dei rifiuti sono aspetti fondamentali nella filiera sostenibile delle etichette (Tappin et al., 2015). Si promuove il riciclo dei materiali di scarto generati durante la produzione e la conversione delle etichette. Si cerca di minimizzare gli sprechi di materiale durante i processi di stampa e taglio, ottimizzando il layout di stampa e implementando pratiche di riciclo interne (Carter et al., 2008). L'adozione di tecnologie innovative come le etichette intelligenti (smart labels) o le certificazioni e standard ambientali può contribuire alla sostenibilità della filiera. Le etichette intelligenti possono fornire informazioni aggiuntive sul prodotto, come la tracciabilità, le istruzioni di smaltimento o contenuto di ingredienti, riducendo la necessità di utilizzare ulteriori materiali informativi e aumentando la consapevolezza del consumatore sull'impatto ambientale. Le certificazioni ambientali, come la certificazione FSC (Forest Stewardship Council) per materiali provenienti da foreste gestite in modo sostenibile, assicurano che le etichette rispettino determinati criteri ambientali e sociali durante la loro produzione.

Un aspetto importante riguarda la considerazione e il coinvolgimento dei fornitori all'interno dell'operato produttivo e decisionale aziendale. La sostenibilità nella filiera delle etichette richiede un coinvolgimento attivo di questi soggetti (Blengini et al, 2010). Le aziende cercano di lavorare con fornitori che adottano politiche sostenibili e promuovono la responsabilità sociale d'impresa, includendo aspetti come la gestione sostenibile delle risorse, la riduzione delle emissioni di carbonio e la gestione etica dei lavoratori lungo tutta la catena di fornitura.

Dunque, la filiera commerciale ed industriale sostenibile delle etichette mira a ridurre l'impatto ambientale e promuovere la sostenibilità sociale ed ambientale, integrando principi di eco-design, efficienza energetica, riciclo e coinvolgimento di fornitori responsabili. Questo approccio contribuisce a una gestione più responsabile delle risorse e a un miglioramento complessivo della sostenibilità nel settore delle etichette.

3.5. La sostenibilità nelle etichette

I consumatori d'oggi sono molto sensibili all'ambiente e alle pratiche di sostenibilità che le aziende realizzano. Perciò anche l'uso di un'etichetta eco-compatibile o rispettosa dell'ambiente fa il suo peso. Di fatti, le etichette possono avere impatti ambientali negativi a causa dei materiali utilizzati e della loro eliminazione (Ball, 2002). Le etichette tradizionali spesso impiegano carta, plastica

o altri materiali non biodegradabili. Ciò può aumentare la quantità di rifiuti generati e contribuire all'inquinamento ambientale. Nella fase d'uso, una volta applicate sui prodotti o sugli imballaggi, le etichette possono contribuire all'inquinamento ambientale in diverse modalità:

- **Rifiuti:** Molte etichette non sono facilmente riciclabili e finiscono nei rifiuti solidi urbani, aumentando il carico di rifiuti nei siti di smaltimento o finendo in discariche o inceneritori.
- **Contaminazione del riciclaggio:** Le etichette possono contaminare il flusso di riciclaggio. Se le etichette sono realizzate con materiali diversi dalla plastica dell'oggetto da cui vengono rimosse, possono compromettere il riciclaggio efficiente del materiale.
- **Microplastiche:** Le etichette di plastica possono degradarsi nel tempo e trasformarsi in microplastiche, che rappresentano una minaccia per gli ecosistemi marini e la catena alimentare.

Per questo, l'ISO negli ultimi anni ha mosso diverse norme tecniche⁴⁶ volte a disincentivare la produzione tradizionale delle etichette. Ad esempio, ISO/TS

⁴⁶ Le norme tecniche sono documenti che dicono “come fare bene le cose”, garantendo sicurezza, rispetto per l'ambiente e prestazioni certe. Secondo il Regolamento UE 1025 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 ottobre 2012 sulla normazione europea per norma si intende “una specifica tecnica, adottata da un organismo di normazione riconosciuto, per applicazione ripetuta o continua, alla quale non è obbligatorio conformarsi”. Può essere internazionale, europea, armonizzata, nazionale. Le norme, quindi, sono documenti che definiscono le caratteristiche (dimensionali, prestazionali, ambientali, di qualità, di sicurezza, di organizzazione ecc.) di un prodotto, processo o servizio, secondo lo stato dell'arte e sono il risultato del lavoro di decine di migliaia di esperti in Italia e nel mondo. Fonte: UNI – Ente Nazionale di Normazione.

18614:2016 fornisce linee guida per utenti e fornitori fornendo le informazioni richieste per richiedere e specificare etichette autoadesive. Fornisce cosa considerare quando si definiscono e si specificano i materiali per etichette da utilizzare per una data applicazione. Garantisce che vengano fornite le informazioni pertinenti in modo che il materiale giusto per l'applicazione prevista possa essere richiesto o raccomandato, oltre a garantire che i parametri e le caratteristiche dell'etichetta siano specificati in un formato simile per consentire ai materiali dell'etichetta di essere richiesti, specificati e confrontati in modo coerente⁴⁷. L'ISO 15394:2017 invece specifica i requisiti minimi per la progettazione di etichette contenenti codici a barre lineari e simboli bidimensionali sulle unità di trasporto per trasmettere dati tra partner commerciali⁴⁸. In più fornisce indicazioni sui dati presentati dall'etichetta sotto forme di codice a barre lineare e sulla scelta del materiale utilizzato per l'etichetta. Infine, ISO/IEC 30169:2022 specifica la struttura del sistema, il modello di applicazione IoT e i requisiti tecnici generali per ELS, ovvero per le etichette elettroniche⁴⁹.

La sostenibilità nelle etichette si riferisce al modo in cui le informazioni relative all'impatto ambientale, sociale ed economico di un prodotto sono comunicate ai

⁴⁷ ISO/TS 18614:2016 - Packaging - Label material - Required information for ordering and specifying self-adhesive labels

⁴⁸ ISO 15394:2017 - Packaging - Bar code and two-dimensional symbols for shipping, transport and receiving labels

⁴⁹ ISO/IEC 30169:2022 - Internet of Things (IoT) - IoT applications for electronic label system (ELS)

consumatori tramite l'etichettatura. Negli ultimi anni, sempre più aziende e organizzazioni hanno adottato un approccio sostenibile per la produzione e la commercializzazione dei loro prodotti, e questo si riflette spesso anche sulle etichette dei prodotti stessi (Yokessa et al., 2019).

Le etichette sostenibili possono fornire diverse informazioni, tra cui:

1. **Materiali:** L'etichetta può indicare se il prodotto è realizzato con materiali riciclati o da fonti sostenibili, come legno certificato PEFC per il packaging o tessuti organici per gli indumenti.
2. **Certificazioni:** Alcune etichette includono i marchi di certificazione di sostenibilità, come "Energy Star" per elettrodomestici ad alta efficienza energetica o il "Marchio di Commercio Equo e Solidale" per prodotti che rispettano determinati standard sociali ed economici.
3. **Informazioni sull'impatto ambientale:** L'etichetta può fornire dati sull'impronta di carbonio del prodotto, sul consumo di acqua o sull'uso di pesticidi, per consentire ai consumatori di fare scelte più informate.
4. **Indicazioni per il riciclo:** Le etichette sostenibili possono includere istruzioni chiare su come smaltire correttamente il prodotto e il suo packaging, incoraggiando il riciclo e il corretto smaltimento (Bleda et al., 2009).
5. **Origine e filiera di produzione:** Un'etichetta sostenibile può indicare la provenienza dei materiali utilizzati e le pratiche di produzione responsabile

per garantire che il prodotto sia stato realizzato con il minimo impatto negativo sull'ambiente.

6. Pratiche sociali e di responsabilità: L'etichetta può anche menzionare l'impegno dell'azienda nei confronti delle pratiche sociali e di responsabilità, come la tutela dei diritti dei lavoratori, la promozione dell'uguaglianza di genere e altre iniziative a sostegno delle comunità locali.

L'etichettatura sostenibile può aiutare i consumatori a fare scelte più consapevoli e a sostenere prodotti e marchi che sono allineati con i loro valori di sostenibilità. Tuttavia, è importante notare che l'etichettatura da sola non risolve completamente i problemi legati alla sostenibilità (Tiago, 2018). È essenziale che le informazioni fornite siano accurate e verificabili, e che le aziende siano effettivamente impegnate in pratiche sostenibili in tutto il loro processo produttivo. I consumatori devono anche considerare altri aspetti della sostenibilità, come la durata del prodotto, il consumo responsabile e lo smaltimento adeguato alla fine della sua vita utile.

Le Ecolabel sono certificazioni o etichette ambientali assegnate a prodotti, servizi o organizzazioni che soddisfano specifici standard ambientali. Queste etichette sono progettate per aiutare i consumatori a fare scelte informate identificando prodotti o servizi che hanno un impatto ambientale ridotto o sono più rispettosi dell'ambiente (Bruce et al., 2007). I marchi di qualità ecologica vengono in genere assegnati da organizzazioni terze indipendenti o agenzie governative che valutano i prodotti in base a criteri relativi alle loro prestazioni ambientali. Questi criteri

possono includere fattori quali l'efficienza energetica, la conservazione delle risorse, le emissioni di gas a effetto serra, la riduzione dei rifiuti, l'approvvigionamento sostenibile dei materiali e l'uso di processi di produzione rispettosi dell'ambiente. I marchi di qualità ecologica svolgono un ruolo cruciale nella promozione della sostenibilità e nell'incoraggiare le imprese ad adottare pratiche ecologicamente responsabili (Galarraga, 2002). I consumatori possono cercare queste etichette quando prendono decisioni di acquisto per supportare prodotti e servizi che hanno un impatto positivo sull'ambiente. Un esempio di sostenibilità nelle etichette è l'etichetta "ENERGY STAR"⁵⁰ utilizzata per alcuni elettrodomestici.



Fig. 9. Etichetta Energy Star. Fonte: <https://www.energystar.gov/>

L'etichetta mostrata in Figura 9 è stata introdotta dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente degli Stati Uniti (EPA) nel 1992 e successivamente adottata da molti

⁵⁰ <https://www.energystar.gov/>

altri paesi. L'etichetta "ENERGY STAR" viene applicata a elettrodomestici come frigoriferi, lavatrici, lavastoviglie, condizionatori d'aria, che soddisfano specifici criteri di efficienza energetica stabiliti dall'EPA. Per ottenere l'etichetta "ENERGY STAR", i prodotti devono superare test rigorosi per dimostrare che consumano meno energia rispetto agli elettrodomestici convenzionali. L'etichetta "ENERGY STAR" è solo un esempio di come le etichette sostenibili possano influenzare positivamente l'ambiente e spingere le aziende e i consumatori verso scelte più responsabili. Questo tipo di etichettatura contribuisce a promuovere la sostenibilità attraverso l'informazione, l'educazione e il riconoscimento delle pratiche virtuose.

3.6. Le etichette liner e linerless: lo smaltimento della carta adesiva siliconata

La caratteristica che rende un'etichetta adesiva è lo strato adesivo che presenta. Questo adesivo può essere permanente o rimovibile, a seconda delle esigenze dell'applicazione. Esistono diversi tipi di adesivi per etichette, tra cui permanenti, rimovibili, riapplicabili, adesivi a basso tack (bassa adesione) e adesivi forti per superfici difficili. Il liner è il supporto di carta o pellicola che protegge lo strato adesivo fino al momento dell'applicazione dell'etichetta. Viene rimosso prima dell'adesione dell'etichetta. Attualmente, le aziende produttrici di etichette stanno adottando soluzioni innovative volte ad eliminare il liner nell'uso delle etichette adesive poiché fa sprecare carta, soldi, danneggia l'ambiente ed è un rifiuto

cosiddetto speciale e quindi difficile da smaltire (Donberg, 2002). Di fatto esistono due grandi tipologie di etichette adesive, le etichette liner e le etichette linerless:

- Etichette liner: Le etichette liner sono adesivi sensibili alla pressione che vengono applicati su superfici diverse per scopi di etichettatura. Solitamente, consistono di un adesivo sulla parte posteriore e un materiale di supporto chiamato "liner" che viene rimosso durante l'applicazione. Il liner viene strappato via per esporre l'adesivo e attaccare l'etichetta sulla superficie desiderata. Durante il processo di applicazione delle etichette, il liner svolge un ruolo fondamentale. Protegge l'adesivo dall'esposizione all'ambiente esterno e mantiene intatta la sua adesività fino a quando l'etichetta non viene applicata sulla superficie desiderata.
- Etichette linerless: Le etichette "linerless" sono un tipo di etichette senza liner o supporto di carta o plastica. A differenza delle etichette tradizionali che hanno un liner che protegge l'adesivo sul retro, le etichette linerless sono costituite solo dall'adesivo e dal materiale dell'etichetta stessa. Le etichette linerless sono state sviluppate per ridurre gli sprechi di materiale e semplificare il processo di applicazione delle etichette. Poiché non hanno un liner da rimuovere, non è necessario gestire o eliminare tale materiale di supporto, riducendo così i costi di gestione dei rifiuti e l'impatto ambientale. Per applicare le etichette linerless, vengono utilizzate macchine specifiche che tagliano e applicano le etichette in modo continuo, senza bisogno di

rimuovere manualmente il liner. Queste macchine sono dotate di un sistema di taglio che separa le etichette una alla volta dalla bobina e le applica sulla superficie desiderata (Einsla et al., 2019). Le etichette linerless possono essere utilizzate in vari settori, come la logistica, l'etichettatura dei prodotti alimentari e l'industria dei trasporti. Sono particolarmente vantaggiose in situazioni in cui è richiesta una produzione ad alta velocità e una riduzione degli sprechi di materiale. Tuttavia, è importante notare che le etichette linerless potrebbero non essere adatte per tutti i tipi di applicazioni. La mancanza di un liner potrebbe rendere le etichette più suscettibili a danni o adesioni indesiderate durante la manipolazione o il trasporto. Inoltre, le etichette linerless potrebbero non essere compatibili con tutte le macchine di etichettatura esistenti.

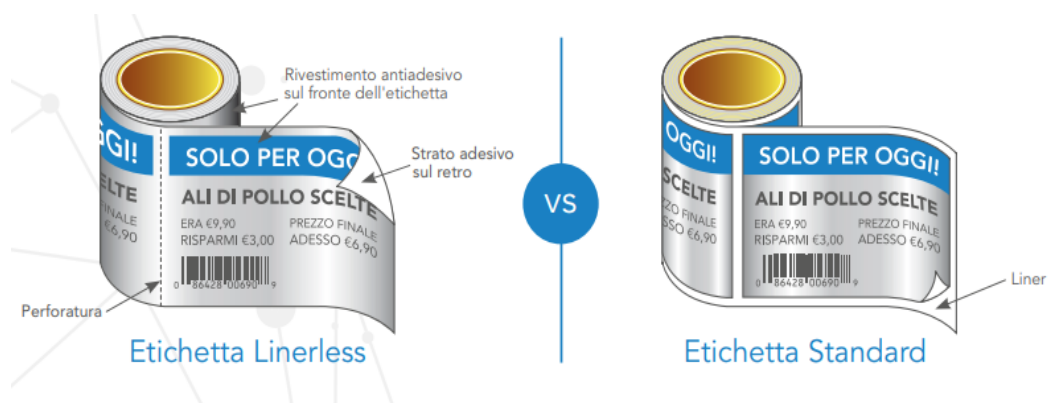


Fig. 10. Etichetta linerless vs Etichette liner. Fonte: Eurocoding.com

La figura 10 mostra le differenze che ci sono tra le etichette standard e le etichette linerless. Le principali differenze tra le etichette con il liner e le etichette linerless

riguardano il supporto di protezione, poiché le etichette con il liner proteggono maggiormente il retro dell'etichetta mentre le linerless non hanno un liner separato, il processo di applicazione, dove le etichette linerless hanno necessità di usare macchine specifiche che applicano l'etichetta direttamente dalla bobina, e gli sprechi di materiali che generano, dato che il liner essendo un rifiuto speciale deve essere gestito e smaltito correttamente.

Lo smaltimento del liner delle etichette adesive dipende dal materiale del liner stesso e dalle pratiche di smaltimento locali. La gestione corretta del liner si basa sulla considerazione del suo materiale costitutivo (Bouazza et al., 1998). Se il liner è realizzato in carta o cartone e non è contaminato da adesivi o altre sostanze, è possibile procedere al suo smaltimento mediante il riciclaggio, inserendolo nel flusso di rifiuti carta e cartone. È necessario separare con attenzione il liner dall'adesivo, assicurandosi di rimuovere eventuali contaminanti. Tuttavia, se il liner è contaminato da adesivo o altre sostanze, il suo smaltimento potrebbe richiedere una gestione differenziata. In questo caso, è possibile smaltirlo attraverso i rifiuti indifferenziati. È comunque consigliato separare quanto più possibile la carta o il cartone dal materiale adesivo, al fine di favorire la decomposizione adeguata del materiale cartaceo. Nel caso in cui il liner sia realizzato in plastica o presenti un rivestimento siliconato, sarà necessario considerare un'opzione di smaltimento specifica per tali materiali, poiché viene considerato come rifiuto speciale e trattato quindi di conseguenza. Esistono centri di riciclaggio specializzati o impianti in

grado di trattare correttamente il liner di plastica o silicone. Lo Stato italiano ha realizzato diversi decreti legislativi volti a gestire la situazione rifiuti nel territorio come il decreto legislativo 3 settembre 2020, n. 116⁵¹. Infine, è importante seguire eventuali indicazioni fornite dal produttore riguardo allo smaltimento del liner, in quanto potrebbero essere offerti programmi di riciclaggio o smaltimento dedicati per i loro materiali.

Nel mondo GDO e nel reparto frutta e verdura dei supermercati si utilizzano principalmente le etichette linerless, ovvero le etichette senza il supporto siliconato chiamato liner. Questo perché in un singolo rotolo si possono aggiungere più etichette (aumento del 30-40%), i costi di trasporto sono ridotti, richiede minor spazio per il loro immagazzinamento e riducono lo spreco e l'inquinamento di carta adesiva o speciale, molto difficile da smaltire o reinserire nei processi produttivi. Dal punto di vista ambientale riduce in gran lunga l'impronta di carbonio rispetto all'etichette liner: se si utilizzassero 12 milioni di etichette liner standard all'anno e si passasse all'etichetta linerless si potrebbe ridurre le emissioni di CO2 durante i

⁵¹ Questo decreto è l'attuazione della direttiva (UE) 2018/851 che modifica la direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti e attuazione della direttiva (UE) 2018/852 che modifica la direttiva 1994/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio. In esso vengono specificati dettagliatamente quali sono i rifiuti speciali da considerarsi tali e che richiedono un trattamento diverso da quelli urbani.

processi di produzione pari a 14.664 kg e vi sarebbe una riduzione di supporto siliconato da smaltire pari a 5976 kg⁵².

⁵² Il calcolo si basa sulla relazione del 2007 riguardante lo smaltimento di rifiuti industriali (Ministero dell'Ambiente Giappone) e sulla relazione riguardante l'incenerimento dei rifiuti generici (Comitato per il calcolo delle emissioni di gas serra, Ministero dell'Ambiente Giappone).

CAPITOLO 4 – IL CASO DI T-TRADE GROUP: REALTA' ITALIANA PIONIERA DELLO SVILUPPO SOSTENIBILE INDUSTRIALE

4.1. Obiettivo e metodologia di ricerca

L'obiettivo della ricerca è quello di mostrare come attraverso l'innovazione tecnologica industriale è possibile perseguire gli obiettivi di sostenibilità con i principi dell'economia circolare ed eco-progettazione, e realizzare prodotti competitivi economicamente e brevetti industriali. Questa ricerca dell'innovazione sostenibile risulta particolarmente importante, dato che negli ultimi anni si sta registrando un aumento esponenziale di rifiuti di ogni genere (Lebreton et al., 2019).

A tal proposito, si è deciso di adottare un metodo di ricerca qualitativo basato sullo studio di caso⁵³. La scelta di questa metodologia è stata dettata dalla volontà di studiare in profondità un fenomeno nuovo come la relazione esistente tra innovazione tecnologica e sostenibilità e, in particolare, come la tecnologia industriale può di fatto contribuire ad aiutare i settori produttivi ad essere più sostenibili.

Il caso che si è scelto di approfondire è quello di T-Trade Group, azienda fortemente incentrata sull'innovativa produzione sostenibile di etichette adesive e stampanti

⁵³ Strauss, A. L., & Corbin, J. (1998). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory* (2nd ed.). Newbury Park, CA: Sage.

volte a rivoluzionare i sistemi di etichettatura commerciale ed industriale. Al giorno d'oggi, infatti, la maggioranza delle aziende di questo settore produce etichette adesive mirando soprattutto al vantaggio competitivo economico che esse generano non curandosi del loro fine vita e del fine vita del loro prodotto.

L'analisi effettuata nell'azienda T-Trade Group ha coinvolto lo studio dei diversi progetti e prodotti che l'azienda realizza, con un'attenzione particolare al progetto innovativo TT-Hourglass.

Definita la domanda di ricerca e individuati gli obiettivi, si è proceduti con la raccolta dati tramite interviste semi-strutturate ai diversi responsabili dell'azienda tra cui il CEO e fondatore della T-Trade Group, Enrico Friziero, il Regional Manager e il responsabile dell'attività commerciale, Enrico Leonardi, ed infine la Procuratrice speciale Dalila Giacchetti.

Le interviste si sono basate su domande a risposta aperta e sono state guidate da un protocollo semi-standardizzato per lasciare ampia libertà agli intervistati di andare in profondità nelle loro risposte. La traccia ha dapprima approfondito tematiche generali e comuni a tutti e tre i soggetti presi in considerazione (ruolo ricoperto, descrizione dell'azienda, dei servizi e prodotti offerti e dei suoi valori, importanza della sostenibilità) per poi scendere nei particolari a seconda del loro ruolo giocato nel processo di introduzione in azienda delle nuove tecnologie per la sostenibilità.

Nella prima intervista realizzata con Dalila e Daniela Giacchetti si è discusso della visione sostenibile che possiede l'azienda, dell'impegno aziendale a perseguire gli

obiettivi di sviluppo sostenibile e all’impatto positivo che genera sulla comunità locale, sui partner e sull’ambiente. Nella seconda intervista realizzata con il CEO di T-Trade (Enrico Friziero) sono stati analizzati i progetti e le iniziative che sta portando avanti l’azienda, approfondendo in particolare il progetto simbolo dell’unione tra innovazione tecnologica e sostenibilità: TT-Hourglass. Infine, nella terza intervista realizzata con Enrico Leonardi si è spiegata la metodologia applicata dall’azienda nella realizzazione dei propri progetti con un focus all’attività di Ricerca e Sviluppo del Project Management, attività volta a coniugare in corso d’opera l’idea innovativa tecnologica con gli obiettivi di sostenibilità aziendali. In più si è esaminato uno studio LCA interno aziendale per comprendere gli impatti ambientali che la stampante TT-Hourglass riesce ad evitare ed a ridurre.

In più, oltre ai dati ottenuti direttamente dai soggetti chiave delle interviste, per la realizzazione della ricerca sono stati consultati documenti e report posti a disposizione dall’azienda come il Bilancio di Sostenibilità aziendale o uno studio LCA interno. In tutte e 3 le interviste è stata realizzata una descrizione dell’organizzazione e dei principali servizi offerti.

4.2. Descrizione dell’azienda

T-Trade Group sviluppa e produce soluzioni complete per l’etichettatura, la marcatura industriale e l’imballaggio. Segue l’etichetta del prodotto dalla sua creazione, attraverso l’imballaggio, il trasporto e l’uso finale o il posizionamento.

T-Trade Group si distingue a livello internazionale per la sua intera catena di produzione di etichette, dai nastri a trasferimento termico alle etichette, dai sistemi di stampa al supporto tecnico, dalla stampa delle materie prime alle piattaforme digitali, che è gestita internamente. E progetta e produce autonomamente tutto ciò che serve per garantire la tracciabilità del prodotto. La gestione dell'intera filiera delle etichette è un punto di forza molto importante che consente a T-Trade Group di trovare soluzioni completamente personalizzate per ogni tipo di esigenza del cliente, del tutto integrate.

La Governance di T-Trade Group è stato oggetto di un recente riassetto aziendale che vede ora la presenza di due aziende, Transfer Trade e Gruppo We Care. L'azienda è una società a responsabilità limitata la cui proprietà è ripartita tra i due soci, Enrico Friziero ed Enrico Leonardi. Si affianca ai soci la procuratrice speciale Dalila Giacchetti. Entrambi i soci, oltre alla procuratrice speciale, rivestono ruoli attivi all'interno dell'azienda e lavorano quotidianamente al fianco dei dipendenti. Enrico Friziero, socio fondatore, è amministratore delegato e dirige l'azienda in tutti i suoi vari aspetti mentre Enrico Leonardi è il Regional Manager e si occupa in prima persona dell'attività commerciale. Dalila Giacchetti, invece, controlla la Direzione Finanziaria, le Risorse Umane e la Direzione Acquisti. La Direzione esercita il comando e l'impegno alla conduzione aziendale con le responsabilità che ne conseguono, assicurando le risorse necessarie per il mantenimento ed il miglioramento di tutti i processi. E' la Direzione a pianificare le strategie adottando

di conseguenza adeguate politiche e obiettivi che vengono poi comunicati a tutti i livelli aziendali. E da essa che nascono le idee e i progetti. Per quanto riguarda la struttura aziendale, la Direzione attua un controllo puntuale su tutta l'organizzazione ed incentiva quotidianamente gli altri ruoli manageriali a dimostrare la loro leadership nelle rispettive aree di influenza.

T-Trade Group basa i suoi rapporti aziendali, sia interni che esterni, su una serie di valori e principi imprescindibili. L'azienda ricorre ai cosiddetti "valori condivisi" per guidare la condotta aziendale ed indirizzare le scelte verso il raggiungimento degli obiettivi fissati. Il codice etico aziendale si compone di diversi principi e valori.

- INTEGRITÀ: Si deve adottare un comportamento basato sull'onestà e la determinazione, assicurandosi di agire con equità e integrità in ogni ambito delle attività aziendali, in rispetto delle persone e dell'ambiente. È di cruciale importanza rispettare in modo rigoroso gli impegni presi, riconoscere in modo aperto eventuali fallimenti e trarre insegnamenti costruttivi dalle esperienze vissute.
- PERFORMANCE: L'attenzione predominante è rivolta ad un elevato livello di performance che coinvolge tutte le funzioni. La priorità è quella di offrire prodotti e servizi di massima qualità e soddisfazione sia agli stakeholder interni che esterni.

- DEDIZIONE VERSO I CLIENTI: Intesa nel fornire al cliente un servizio sempre superiore volto ad aumentare la fiducia nei confronti dello stesso. La formazione di collaborazioni sinergiche con i clienti, anche includendoli nell'assetto aziendale, risulta imperativo per sfruttare appieno la competenza aziendale nell'offrire un valore competitivo duraturo. Rispondere tempestivamente alle richieste costituisce una priorità costante.
- INNOVAZIONE E SOSTENIBILITA': L'obiettivo di dare priorità alla ricerca costante di innovazione, sia nei processi che nelle tecnologie, è perseguito con dedizione. La storia di questa azienda è caratterizzata dalla capacità di individuare chiaramente le potenzialità insite nelle nuove idee e di indirizzarle a vantaggio dei clienti senza compromettere l'ambiente, anzi proteggendolo.
- RISPETTO E COLLABORAZIONE: L'interazione professionale è solidamente fondata sulla fiducia e il rispetto reciproci con un giusto riconoscimento attribuito al contributo di ogni membro del team T-Trade. La comunicazione interna è improntata all'onestà e alla chiarezza, e il rispetto e spirito di collaborazione si estendono ai clienti, ai partner, ai fornitori e alle comunità nelle varie attività aziendali.
- RISPETTO DI NORME E LEGGI: L'impegno aziendale si orienta verso il rigoroso rispetto delle leggi e delle normative rilevanti sia per l'organizzazione che per il prodotto. Particolare attenzione all'osservanza

delle direttive relative a specifiche categorie di prodotto, quali, a titolo esemplificativo, i MOCA (Materiali ed Oggetti Destinati al Contatto con gli Alimenti). Questo contribuisce in modo sostanziale a preservare la salute e la sicurezza del consumatore finale.

- TUTELA DELL'AMBIENTE: La volontà a promuovere l'innovazione e lo sviluppo sostenibile rappresenta la priorità. Questo impegno viene attivamente implementato quotidianamente, incluso l'applicare una politica di approvvigionamento responsabile che favorisce materie prime a basso impatto ambientale e prive di componenti chimici pericolosi. La salvaguardia dell'ambiente costituisce un elemento intrinseco dell'innovazione e dello sviluppo di nuovi prodotti.
- ATTENZIONE AL TERRITORIO: Gli sforzi sono volti a contribuire all'evoluzione positiva e al benessere delle aree in cui operano le sedi aziendali. Questo si realizza attraverso il coinvolgimento in iniziative locali, la promozione di eventi pubblici e l'offerta di supporto in situazioni di bisogno, quando possibile. Ciò è indirizzato a creare una stretta integrazione con il territorio e la sua comunità, inseguendo sinergie per generare un valore condiviso per il benessere collettivo.

4.3. Il concetto di sostenibilità in T-Trade Group: le linee strategiche di azione

Dall'analisi delle interviste emerge il ruolo centrale che la sostenibilità ha all'interno delle scelte strategiche intraprese dall'azienda. La T-Trade Group realizza una strategia attiva e proattiva volta a rendere l'azienda sempre più sostenibile continuamente, in ogni progetto, processo e prodotto che porta avanti. Come ha dichiarato il CEO Enrico Friziero, *“la sostenibilità è il timone che regola la rotta aziendale di T-Trade sin dalla sua fondazione”*. Nel mondo ogni anno per produrre la carta destinata alla produzione delle etichette adesive e del liner (all'incirca 40 miliardi di metri quadrati di carta siliconata) vengono abbattuti più di 48 milioni di alberi, utilizzati più di 144 miliardi di Mj di energia elettrica e 35 miliardi di litri d'acqua generando un inquinamento atmosferico pari a 6 miliardi di KgCO₂ equivalenti nell'aria. Oltre all'inquinamento atmosferico, la carta siliconata considerata come rifiuto speciale per via dei trattamenti chimici che subisce, viene smaltita in discarica facendo aumentare vertiginosamente i rifiuti. La superficie terrestre che occupa questo rifiuto ogni anno è pari a 5,7 milioni di campi da calcio. Ecco perché è essenziale investire nella sostenibilità.

Il percorso sostenibile intrapreso dall'azienda e la sua visione aziendale ruota attorno al concetto di sostenibilità a 360°, comprendendo sostenibilità economica e circular economy, sostenibilità etica e sostenibilità ambientale. La sostenibilità e l'adozione dei principi dell'economia circolare percorrono trasversalmente tutte le

attività di T-Trade, dalla pre-progettazione e progettazione, alla produzione, alla vendita, passando attraverso ricerca e sviluppo, rapporti con fornitori, dipendenti, collaboratori, clienti e stakeholder. Tradotta nei prodotti di T-Trade, la sostenibilità sono ad esempio nastri a trasferimento termico privi di elementi tossici per l'uomo e l'ambiente, etichette linerless che provengono da gestioni responsabili delle risorse, investimenti in ricerca e sviluppo volti alla produzione di soluzioni di etichettatura bio-based, produzione di soluzioni di stampa innovative che eliminano l'utilizzo della carta, miglioramenti continui al fine di proporre l'etichettatura del futuro amica dell'uomo e dell'ambiente e sempre più intrisa di valori etici.

All'interno dell'operato aziendale sono forti i principi dell'economia circolare legati all'ottimizzazione dell'energia e delle risorse e alla riduzione degli sprechi industriali e di consumo. Di fatto, in T-Trade Group la maggior parte dei consumi idrici è legata all'utilizzo della risorsa per meri scopi igienici. L'acqua non è utilizzata nei processi produttivi. L'impegno a favore della gestione responsabile di questa risorsa, oltre ad essere formalizzato all'interno della politica ambientale aziendale, è oggetto anche di obiettivi ambientali adottati dall'azienda. Il consumo complessivo di T-Trade Group nell'anno 2022 è stato di 536 metro cubo che corrisponde a circa 5,4 metro cubo per ogni lavoratore nel corso dell'anno. Per quanto riguarda i rifiuti prodotti dall'azienda, il quantitativo prodotto è composto per la stragrande maggioranza da rifiuti classificati come "non pericolosi". Questo è un risultato ottenuto grazie alla definizione di specifiche procedure di gestione dei

rifiuti, all'adozione di efficienti sistemi di raccolta di rifiuti nei diversi siti produttivi, alla formazione, sensibilizzazione del personale coinvolto nella gestione ed al continuo monitoraggio dei processi che avviene anche a livello manageriale. Questo approccio, basato sul "life cycle thinking", è il filo conduttore di tutta l'attività di ricerca e sviluppo portata avanti da T-Trade Group che ha condotto, ad oggi, al deposito di moltissimi brevetti. Si tratta di soluzioni innovative volte a minimizzare la produzione dei rifiuti da imballaggio durante l'uso dei prodotti da parte del cliente come il progetto TT-Hourglass o il Progetto T-Trace. Inoltre, essendo un'azienda industriale volta alla realizzazione di etichette, stampe e packaging utilizza una serie di sostanze chimiche che possono essere difficilmente smaltibili e di non rientrare nel grande cerchio dell'economia circolare. Per questo, tra il 2021 e il 2022 la T-Trade Group ha realizzato un vero e proprio rinnovamento del parco macchine dedicato alla stampa e alle sostanze chimiche utilizzate attraverso un importante investimento in risorse bio. Adottando l'ottica "life cycle approach"⁵⁴ è riuscita ad ottenere i seguenti risultati: -27% nell'uso degli inchiostri migliorando la distribuzione nelle macchine, -36% nell'uso di vernici, -83% nell'applicazione di additivi e -41% nell'uso di detergenti. Tutto ciò va anche a merito della visione di eco-progettazione volta a perseguire, prima di attuare una produzione industriale, l'eliminazione o la riduzione delle sostanze tossiche o

⁵⁴ Approccio volto a generare parallelamente due diversi benefici: minore spreco di risorse e utilizzo di prodotti con un'impronta ecologica minore.

nocive per i lavoratori e per gli utenti del prodotto finale. Di fatto, realizza diversi principi e strategie nell'adozione dell'eco-design. Inoltre, T-Trade per rispondere in maniera chiara ai suoi impegni verso l'ambiente e la sostenibilità nel corso degli anni ha ottenuto una serie di certificazioni e riconoscimenti. Ogni soluzione progettata e proposta da T-Trade Group segue ferree regole di controllo qualità, a partire dalle materie prime fino al prodotto finale. Viene prestata la massima attenzione sia alle caratteristiche tecniche, sia alla sicurezza dei singoli articoli, sia all'impatto ambientale, sociale ed economico. La figura 11 mostra le varie certificazioni e riconoscimenti ambientali ottenuti negli anni dall'azienda tra cui EcoVadis e FSC.



Fig. 11. Certificazioni T-Trade Group. Fonte: elaborazione propria

L'ISO 9001 e l'ISO 14001 dimostra come l'azienda garantisce dei corretti e qualitativi sistemi di gestione ambientale. Alcuni nastri a trasferimento termico sono muniti di Certificazione ISEGA che ne garantisce l'idoneità al contatto alimentare. Etichette stampate che devono resistere ad abrasioni e degradazione dovuta a luce, nebbia salina e sabbia, vantano la garanzia della Certificazione GHS/Bs 5609, leader in massima sicurezza nel campo della chimica. Le etichette che devono stare a contatto con gli alimenti godono della Certificazione MOCA (Materiali e Oggetti a Contatti con Alimenti). T-Trade è certificata anche FSC, questa certificazione garantisce che i prodotti cartacei sono realizzati con materiali provenienti da foreste gestite responsabilmente. Il nuovo standard FSC, aggiornato nell'anno 2022, richiede anche il rispetto di precisi requisiti etici. I prodotti T-Trade, inoltre, garantiscono il rispetto di tutte le principali direttive dettate dalle normative (Rohs, Reach, TSCA, ecc.) e ha ottenuto il Cribis Prime Company per l'affidabilità commerciale. Infine, nell'aprile del 2023 Ecovadis ha insignito T-Trade Group con la Medaglia d'Oro EcoVadis per la sostenibilità. I sistemi di stampa T-Trade sono certificati Industry 4.0 e le soluzioni innovative sono brevettate.

4.4. Bilancio di Sostenibilità, Comunità e Partnership

La T-Trade Group realizza già da anni il proprio Profilo di Sostenibilità ispirandosi ai principi di rendicontazione maggiormente riconosciuti come gli standard GRI. A livello di governance, T-Trade Group è un'azienda molto equilibrata nella sua composizione di genere (53% uomini e 47% donne). Questa distribuzione non è il frutto di una scelta strategica ma semplicemente il risultato di una selezione meritocratica del personale, di fatti, il 78% delle posizioni manageriali è ricoperto da donne. La maggior parte dei lavoratori assunti sono a tempo indeterminato (l'89% dei lavoratori). In più, l'azienda lavora costantemente nello sviluppo del capitale umano interno e nell'accrescimento delle competenze individuali e collettive impiegando quasi 1100 ore di formazione obbligatoria e non, all'anno. Sempre a livello di governance, ha ottenuto la medaglia d'oro EcoVadis grazie alla survey ESG condotta nel 2022 al fine di rendere il più sostenibile possibile la propria catena di fornitura. A livello di performance ambientali invece, T-Trade Group si avvale dei diversi standard GRI per misurare le emissioni dirette ed indirette di GHG come il GRI 305-1 e 305-2 o come il GRI 306-3 per i rifiuti prodotti nel 2022. Di fatti, con il GRI 305-1 ha registrato, nel 2022, 23 tonnellate di CO₂ eq da gas metano e 44 da gasolio per un totale di 67 tonnellate di CO₂ eq. Con il GRI 305-2 ha verificato che nel 2022 ha generato emissioni indirette (Scope 2) di GHG per energia elettrica pari a 90 tonnellate di CO₂ eq. Mentre per i rifiuti

prodotti nell'anno 2022 ha generato 94 tonnellate di rifiuti con il 95% di essi considerati "non pericolosi".

Impatto e azioni sociali per le comunità locali. La T-Trade Group realizza attività per la comunità locale adottando il sistema olivettiano. Per essere veramente integrata con il territorio, bisogna realizzare azioni non solo ambientali ma anche sociali. L'impegno di T-Trade alla comunità è molto forte: nel periodo dello scoppio della pandemia da Sars-Covid 19, T-Trade è riuscita a reperire ben 7 mila mascherine chirurgiche da donare alla comunità attraverso la Protezione Civile; a co-finanziare il progetto della Regione Marche per l'apertura straordinaria di una struttura sanitaria presso la ex fiera di Civitanova. T-Trade è particolarmente attenta anche alle attività che riguardano l'integrazione dei soggetti più fragili. L'azienda promuove lo sport sostenendo squadre locali, sia maschili sia femminili, impegnate in diverse discipline sportive. Inoltre, consapevole che i piccoli borghi locali, se trascurati, vanno incontro a decadimento e abbandono, T-Trade ha acquistato alcune proprietà immobiliari nel comune marchigiano Castel D'Emilio, con l'intento di combatterne il degrado, riportare vita e promuovere, nel tempo, attività ricreative e culturali. Il borgo oggetto della valorizzazione si chiama Castel D'Emilio e le attività di progetto pianificate avranno certamente una ricaduta a livello occupazionale nella zona limitrofa. Ciò, unitamente alla conservazione e valorizzazione dei beni storico e culturali locali, avrà positive ricadute indirette sul turismo e sull'economia di prossimità. Il progetto prevede la valorizzazione storica,

culturale e turistica del borgo organizzando eventi. In più per rispondere alla guerra tra Ucraina e Russia, l'azienda ha avviato e promosso il Progetto Ucraina. Esso ha portato all'assunzione di una giovane mamma, che è riuscita a fuggire dalla guerra con i suoi due piccoli bambini. Il progetto consiste nella completa integrazione dell'intero nucleo familiare nel contesto territoriale locale, attraverso l'offerta di regolare lavoro, l'aiuto per l'alloggio e assistenza e collaborazione continui. In una fase successiva, T-Trade è riuscita anche a far ricongiungere tutta la famiglia: alla mamma e ai bambini si è aggiunto il marito/papà, arrivato in Italia e accolto anche lui con regolare contratto di lavoro.

Partnership. T-Trade Group intrattiene rapporti di “partnership” con diversi enti/organizzazioni sia pubblici che privati. Una delle più prestigiose è l'Università Politecnica delle Marche. La collaborazione tra T-Trade e UnivPM è di lunga data e si concentra su ricerca, progettazione, sviluppo di soluzioni di stampa intelligenti, innovative, sostenibili e certificate Industry 4.0. E' con l'UnivPM che T-Trade ha sviluppato quei progetti che hanno portato all'ottenimento di numerosi brevetti, alcuni dei quali mondiali. Questa partnership prosegue, nell'intento di ricercare e produrre quei sistemi di etichettatura del futuro, etica e amica dell'uomo e dell'ambiente, che T-Trade dichiara nella sua vision. Conseguenza di questo rapporto di collaborazione poi, sono le varie partecipazioni di T-Trade ad iniziative formative e/o pubbliche organizzate dal Dipartimento di Management dell'UnivPM, che vedono coinvolti i ragazzi iscritti ai corsi universitari, con i quali

T-Trade dialoga costantemente per portare esempi concreti di come l'imprenditorialità può sposarsi con la sostenibilità.

T-Trade è socio tecnologico di Tecnoalimenti, l'Organismo di Ricerca Scientifica e Tecnologica, strutturato in forma di società consortile senza scopo di lucro, che ispira, coordina e sviluppa progetti di ricerca di interesse industriale nel settore agroalimentare.

Inoltre, T-Trade è socio dell'Associazione Cluster Agrifood Marche (CL.A.N), un'aggregazione composta dalle quattro Università delle Marche (UNIVPM, UNIMC, UNICAM, UNIURB) e 54 enti del territorio tra cui centri di ricerca, piccole, medie e grandi imprese e associazioni di categoria, che collaborano per soddisfare le necessità di innovazione lungo l'intera filiera agroalimentare. Lo scopo primario del Cluster Agrifood Marche è quello di stimolare il dialogo tra i diversi partner per promuovere l'innovazione e incrementare la competitività sia nel settore agricolo che nell'intera filiera agroalimentare, includendo tutte le sue componenti fino alla distribuzione e al consumo.

Infine, sempre in ottica di sviluppo sostenibile e economica circolare, nel corso dell'anno 2021, T-Trade è stato il caso studio per il progetto "Circular Re-Thinking" promosso da Trentino Sviluppo, Terra Institute e Materia Rinnovabile per promuovere, tra aziende e professionisti, il pensiero circolare. Circular Re-Thinking è una scuola di specializzazione innovativa, dove progetti cooperativi, strategie aziendali e formazione si integrano per rispondere alle sfide ambientali,

economiche e sociali di un mondo industriale in continua evoluzione. Il percorso si pone l'obiettivo di fornire le competenze necessarie ai futuri specialisti dell'economia circolare. La partecipazione di T-Trade all'edizione 2021 è stata l'argomento di studio da cui partire per i partecipanti, che hanno approfondito i progetti aziendali di T-Trade, per poi confrontarsi con la direzione aziendale sulle proposte di sviluppo.

4.5. Innovazione tecnologica e sostenibilità: le soluzioni di T-Trade Group

Nell'ambito di un'azienda orientata alla sostenibilità come T-Trade Group, orchestrare l'innovazione tecnologica implica adottare un approccio olistico capace di considerare contemporaneamente sia gli obiettivi legati all'innovazione stessa che le pratiche orientate alla sostenibilità. T-Trade basa la sua mission e la sua vision sulla sostenibilità e lo sviluppo tecnologico industriale. Di fatto, come ha affermato nelle interviste il CEO Enrico Friziero “la nostra mission è di ricercare, sviluppare, innovare, produrre e distribuire nel segno della sostenibilità [...], la nostra vision è di offrire sempre soluzioni tecnologiche competitive per l'etichettatura del futuro, etica ed amica dell'uomo e dell'ambiente”. L'azienda mette in pratica ogni giorno questi concetti e basa la sua rete di collaboratori e fornitori sullo scambio di conoscenze e risorse al fine di accelerare l'innovazione industriale e la sostenibilità. L'innovazione tecnologica è molto importante

all'interno dell'azienda dove, grazie ad essa, è riuscita a realizzare 18 diversi brevetti per la creazione di progetti e prodotti innovativi. Tra di essi vi sono i progetti che sta portando avanti come la TT-Hourglass o la stampa delle etichette bio-based che successivamente verranno esplicitati.

4.5.1. Metodologia e assetto aziendale applicati alla realizzazione dei progetti

“L'applicazione di una metodologia chiara di pianificazione dei progetti rende il lavoro produttivo e gestionale più preciso ed efficace”, come ha dichiarato durante le interviste il R&D Project Manager di T-Trade Group Enrico Leonardi. *“Sul punto di partenza di ogni progetto aziendale c'è sempre la fase di pre-progettazione ecocompatibile dove si analizzano i risvolti che il prodotto o progetto potenziale possa realizzare in termini economici, ambientali e sociali”*.

La TT-Hourglass, come per gli altri progetti aziendali, è realizzata secondo una metodologia di progettazione e produzione Agile. La metodologia Agile si riferisce ad un approccio iterativo ed evolutivo nella gestione dei progetti in cui i requisiti e le soluzioni maturano in corso d'opera attraverso la capacità del team di sviluppo⁵⁵. Si ottimizzano l'uso dei materiali rendendoli più accessibili e facilmente assemblabili e disassemblabili al fine di agevolarne le modifiche. La logica di fondo

⁵⁵ Chan F.K.Y. and Thong J.Y.L., Acceptance of agile methodologies: a critical review and conceptual framework. *Decision Support Systems* 46, 803-814. 2009.

è quella di arrivare a produrre il più rapidamente possibile i prodotti finali e poi perfezionarli attraverso cicli successivi di miglioramento. Non è detto però che l'applicazione della metodologia Agile comporta un delivery più rapido ed un costo più basso rispetto ad un approccio a cascata poiché potrebbe aumentare il re-work⁵⁶ con un conseguente aumento dei tempi e dei costi.

La metodologia Agile adottata per la realizzazione dei propri progetti, in particolare per la TT-Hourglass, ha presentato diversi punti di forza come la rapidità nell'avvio dell'implementazione del progetto e i suoi sviluppi, la risposta repentina alle esigenze di cambiamento, i frequenti test di revisione e la collaborazione attiva e continua tra fornitore e committente del progetto. D'altro canto le difficoltà riscontrate nel realizzare il progetto TT-Hourglass adottando questa metodologia sono diverse. Questo modo di operare richiede del personale esperto e molto qualificato, ci si focalizza troppo nel breve periodo rischiando di perdere la prospettiva più importante, ovvero quella del lungo periodo, e si potrebbe procedere in modo indisciplinato finendo continuamente in re-work bloccando l'avanzamento del progetto. Inoltre, la documentazione prodotta è poco dettagliata e questo può creare problemi di utilizzo da parte dell'utente o di gestione del progetto da parte del Project Manager.

⁵⁶ Il termine re-work nei progetti aziendali si riferisce al processo di ripetizione e correzione di lavoro già svolto all'interno di un progetto causa errori, imprevisti, problemi o modifiche necessarie. Corregge ciò che non è stato fatto correttamente in precedenza. Per ridurre al minimo il re-work, è importante pianificare attentamente il progetto adottando metodologie di gestione dei progetti come quella Agile.

La tipologia di progetti sostenibili ed innovativi che T-Trade Group deve affrontare richiede infatti ampi margini di flessibilità rispetto a sviluppi inattesi. Pertanto, invece di mettere in piedi una vasta rete di controlli e di verifiche, un progetto di ricerca e sviluppo necessita di meccanismi di governance⁵⁷ in grado di adattarsi progressivamente rispetto all'emergere di nuovi sviluppi con il contributo di tutti gli stakeholders di progetto (stakeholder engagement). Per questo T-Trade ha conferito all'attività di R&D del Project Management la facoltà di intervenire nel progetto apportando modifiche e miglioramenti necessari o voluti. Di fatto, il Project Manager dirige quest'attività per gestire e migliorare le idee innovative promosse dal team direzionale aziendale. È posto come centro di strategia volto a conciliare le esigenze interne con quelle esterne ed analizzare i potenziali miglioramenti che si possono realizzare per rendere più competitivo il progetto allineandolo con gli obiettivi di sostenibilità aziendale. Quest'attività è il fulcro che unisce sostenibilità ed innovazione nella realizzazione e implementazione dei progetti. Nello specifico, il processo che ha portato alla realizzazione della TT-HOURGLASS non si è discostato da quanto sopra descritto. Rispondendo alla domanda di realizzare una stampante meno inquinante e più competitiva sul mercato della GDO e andando a adottare i principi e le strategie di eco-progettazione sostenibile, il macchinario TT-Hourglass è infatti realizzato

⁵⁷ La governance è l'insieme di organi, regole e procedure implementate per perseguire gli obiettivi dell'azienda e gestirne le attività con efficacia.

attraverso la fabbricazione additiva con l'uso di bpolimeri. Ciò, grazie anche alla collaborazione con aziende esterne, rende T-Trade Group ancora più sostenibile. Utilizzare prodotti o prototipi realizzati con la stampa 3d permette di annullare completamente gli scarti di produzione industriale usando esclusivamente i materiali necessari alla costruzione dell'oggetto.

L'intera attività aziendale volta alla realizzazione del progetto-prodotto passa per le seguenti fasi:

- Obiettivi del progetto. Questi costituiscono il punto di riferimento per il processo decisionale che accompagnerà tutto il progetto. Essi devono essere chiaramente indicati nel project charter così come devono essere indicati i vincoli di budget e gli obiettivi di sviluppo sostenibile e d'innovazione tecnologica.
- Integrazione del progetto. Le caratteristiche di flessibilità di questi progetti rendono difficile mantenersi focalizzati sugli obiettivi. Molti partecipanti al progetto hanno interessi diversi ed alcune attività mettono alla prova le capacità e le competenze delle persone. Mantenere il gruppo unito e focalizzato sugli obiettivi è una sfida che si ripete più volte durante il ciclo di vita di questi progetti.
- Gestione dei finanziamenti. Questa tipologia di progetti prevede budget soggetti ad essere rivisti frequentemente e se da un lato la flessibilità finanziaria agevola il progredire delle attività, dall'altro crea problemi di

continua documentazione dei progressi e di gestione dei rapporti con i soggetti finanziatori.

- **Schedulazione.** Per sua natura un progetto di ricerca deve avere una gestione flessibile delle tempistiche che però deve essere raccordata con quella del budget di volta in volta disponibile. Ciò impone una continua revisione della baseline di progetto e la produzione di piani di interim che ridefiniscono lo scenario a fronte di nuovi sviluppi.
- **Documentazione.** La documentazione di progetto è più importante in questa tipologia di progetti a fronte del maggior livello di incertezza rispetto a progetti tradizionali. In particolare, il reporting di progetto è fondamentale per mantenere allineate tutte le risorse coinvolte e favorire il processo decisionale verso la conciliazione degli aspetti sostenibili con quelli tecnologici.
- **Revisioni.** Un progetto di ricerca tecnologica e sviluppo sostenibile richiede numerose revisioni a fronte del monitoraggio e controllo dell'avanzamento dei lavori e delle issues che si presentano durante il ciclo di vita del progetto. I cambiamenti devono pertanto essere analizzati ed approvati attraverso uno specifico workflow di progetto.
- **Completamento dei lavori.** Uno degli aspetti che deve essere chiarito fin dall'inizio è la precisazione delle condizioni che devono essere soddisfatte per considerare il progetto concluso. Per quanto possa sembrare banale,

spesso ci si trova in difficoltà quando alcuni stakeholders considerano il progetto concluso ed altri invece ritengono che ancora manchi qualcosa. E' importante quindi che in fase di pianificazione e di analisi dei requisiti, vengano raccolte le esigenze degli stakeholders riguardo le modalità di chiusura di progetto.

4.5.2. La TT-Hourglass

La TT-Hourglass è una stampante progettata e sviluppata (brevettata a livello mondiale) da T-Trade Group, azienda italiana che detiene l'intera filiera dell'etichettatura. È realizzata con l'intelligenza della fabbricazione additiva che permette di raggiungere obiettivi importanti di eco-progettazione al fine di ridurre l'uso di materiali in fase di produzione, l'uso di energia e la generazione di rifiuti difficili da reinserire nei processi industriali. Il suo nome che tradotto significa "clessidra", funge come sorta di allarme del poco tempo rimasto a disposizione per prendersi cura del mondo e dell'ambiente che ci circonda prima che sia troppo tardi. TT-Hourglass è destinata a rivoluzionare il mondo dell'etichettatura nel comparto "fresco" della GDO e non solo: collegata a qualsiasi bilancia pesa prezzo, stampa i dati variabili direttamente su un lembo del sacchetto compostabile, evitando l'uso di carta adesiva e lasciando quindi intatta la compostabilità del sacchetto stesso (lasciando così l'opportunità a secondi impegni). Ma TT-Hourglass stampa anche

su materiali di altra natura, quali sacchetti in carta o altro materiale, allargando la sua applicabilità anche ad altri settori del supermercato, come il banco della gastronomia.



Fig.12. TT-Hourglass. Fonte: T-Trade Group

TT-Hourglass è il frutto di un lungo percorso di ricerca e sviluppo iniziato 13 anni fa con le prime stampanti linerless: è in grado di interfacciarsi con qualsiasi bilancia presente sul mercato, eliminando completamente l'uso della carta per l'etichettatura nei reparti del fresco. Basterà utilizzare la shopper in materiale compostabile come materia prima su cui stampare: il manico del sacchetto, in carta, compostabile o di altro materiale, diventa il supporto su cui TT-Hourglass stampa tutti i dati. Il lembo

del materiale compostabile viene direttamente inserito tra i due “bulbi” della clessidra (vedi Figura 12), che, “parlando” con la bilancia, trasferisce le informazioni necessarie per poi procedere al pagamento (tipo di prodotto-prezzo-peso-codice a barre-ecc.).

Questo nuovo macchinario, oltre ad essere molto più economico e competitivo sul mercato, raggiunge anche diversi benefici ambientali. I benefici ambientali più evidenti sono principalmente due:

- L’eliminazione dell’uso dell’etichetta genera due importanti risultati, il primo di natura ecologica, poiché realizza l’obiettivo di zero deforestazione dato che la stampante non utilizza la carta. Considerato il fabbisogno di una catena media di supermercati si stimano fino a 3 mila alberi l’anno. Parlare di diverse decine di migliaia di alberi solo per il fabbisogno italiano è più che plausibile.
- Il secondo vantaggio riguarda il fatto che il consumatore non dovrà più staccare l’etichetta dalla shopper per farne una corretta differenziazione, poiché la stampa a trasferimento termico di TT-Hourglass permette di mantenere la compostabilità del sacchetto e di poterlo dunque riutilizzare semplicemente, ad esempio per uso domestico come il sacchetto dell’umido.

Questo progetto ha mostrato poche difficoltà nella sua realizzazione poiché adottando la metodologia Agile ha permesso di realizzare l’idea in poco tempo. La parte problematica può essere condotta ai tempi di implementazione e conclusione

del progetto che ha portato a 15 anni di continui re-work sul prodotto. In più, il futuro della TT-Hourglass è ancora in via di sviluppo. La via principale è quella di realizzare degli accordi di industrializzazione con grandi entità del settore. Come spiegava nelle interviste Enrico Friziero, “la volontà dell’azienda non è mai quella di vendere il prodotto o il proprio brevetto, ma rendersi unici nel continuare a migliorarlo e a svilupparlo. Ricordarsi sempre che l’obiettivo principale di T-Trade Group non è creare innovazione per arricchirsi economicamente, ma progredire con la scienza nel futuro”.

4.5.3. Impatto ambientale della TT-Hourglass: un’analisi LCA

Nell’intervista con Enrico Leonardi si è esaminato nel dettaglio il ciclo di vita delle stampanti aziendali attraverso lo studio LCA, per poi confrontarle con i successi ambientali della TT-Hourglass. Si sono comparati gli impatti ambientali che essa genera con la stampante ZEBRA ZT411 e i relativi nastri ed etichette utilizzati.

Il Life Cycle Assessment è una metodologia analitica e sistematica che valuta l’impronta ambientale di un prodotto o un servizio lungo il suo intero ciclo di vita. Le fasi che hanno accompagnato la valutazione degli impatti ambientali della TT-Hourglass sono le seguenti: definizione degli obiettivi, l’analisi dell’inventario, la valutazione degli impatti e l’interpretazione dei risultati ed eventuali miglioramenti.

- Definizione degli Obiettivi. La finalità dello studio è quello di andare a calcolare in un arco temporale di 10 anni qual è l'impatto ambientale ed ecologico nell'utilizzo di stampanti a trasferimento termico e le relative etichette utilizzate rispetto alla stampante TT-Hourglass, attraverso il calcolo del GWP⁵⁸, ovvero il Global Warming Potential espresso in KgCO2 equivalenti. Gli attori coinvolti nello studio, oltre ai fornitori a vario titolo delle materie prime e dei semilavorati, sono principalmente i reparti di produzione della società. Le functional unit⁵⁹ prese in esame per lo studio LCA sono la Stampante ZEBRA ZT411, le relative etichette autoadesive in carta vellum utilizzate per la stampa e i nastri TTR SR300 per la stampa delle etichette.
- Analisi dell'inventario. Nella redazione dell'inventario vengono riportati tutti i flussi di energia e di materia del sistema/prodotto considerati, normalizzati all'unità funzionale. Vengono definiti i confini del sistema che sono:
 - N° 1 stampante a trasferimento termico generica da banco con larghezza massima di stampa 4" (101,6 mm) → tempo di utilizzo 10

⁵⁸ Indicatore, espresso in massa di CO2 equivalente, che valuta l'emissione di tutti i gas che contribuiscono all'effetto serra congiuntamente alla CO2 secondo i fattori di caratterizzazione del IPCC. Nell'analisi del ciclo di vita, il GWP corrisponde al carbon footprint.

⁵⁹ La quantità di prodotto che viene usata come riferimento per i calcoli dei flussi (in uscita e in entrata) di materiale e energia nel sistema. È il prodotto, il servizio o la funzione su cui impostare l'analisi e il confronto con le possibili alternative (kg di prodotto, t di rifiuto trattato, Kwh di energia fornita...)

anni. Nell'ipotesi è stata considerata la ZEBRA ZT411 come device standard del mercato di riferimento – nelle assunzioni finali, verrà assunto l'utilizzo di una PL-SYSTEM o di un riuso.

- N° 1.000.000 di etichette in carta vellum con colla permanente e supporto glassine – formato etichette 100 mm x 100 mm in bobina. Nell'ipotesi è stato considerato il materiale generico più venduto sul mercato ovvero una carta vellum per stampa con TTR – nelle assunzioni finali oltre al passaggio da liner in glassine a liner in PET, si assume anche la possibilità dell'eliminazione del LINER ovvero uso di materiale LINERLESS.
- N° 230 nastri TT-SR300 formato 110 mm x 450 mt – sono stati considerati i TTR necessari per la stampa delle etichette al punto sopra.

I diagrammi di flusso utilizzati per rappresentare i componenti del sistema erano già stati impiegati in studi effettuati in precedenza dall'azienda e sono L'European Commission – JRC Technical Reports, Epson – Eco product guide, European Commission – Life Cycle Inventory of the BoP.

Dopodichè, la fase di raccolta ed elaborazione dei dati, volta a determinare per ogni fase di produzione, l'uso di energia, i materiali e le emissioni associate, vengono elencati nella tabella dell'inventario sottostante.

LCA GWP₁₀ - KgCO₂eq - Global Warming Potential nell'ipotesi di ciclo di vita 10 anni

LCA GWP ₁₀ - KgCO ₂ eq	Produzione ³	TTR ⁴	Etichette ⁵	TOTALE	tipi di liner e loro end of life
	consumo Kwh	LCA prodotto	LCA prodotto	KgCO ₂ eq	
ZEBRA ZT411 + mix elettrico	354	12.463	32.827	45.644	et + glassine scarica
	354	12.463	24.707	37.524	PET30 scarica
	354	12.463	22.630	35.446	PET30 riciclo
ZEBRA ZT411 + fotovoltaico	295	12.463	32.827	45.585	et + glassine scarica
	295	12.463	24.707	37.465	PET30 scarica
	295	12.463	22.630	35.388	PET30 riciclo
ZEBRA ZT411 + mix elettrico + riuso	84	12.463	32.827	45.374	et + glassine scarica
	84	12.463	24.707	37.254	PET30 scarica
	84	12.463	22.630	35.176	PET30 riciclo

Fig. 13. Studio LCA interno. Fonte: T-Trade Group

- Valutazione degli impatti. I dati ottenuti vengono aggregati in funzione degli effetti che possono procurare sull'ambiente e in funzione della rilevanza di ciascuno. Il procedimento di valutazione degli impatti inizia con la classificazione in categorie di impatto e dopo un processo di normalizzazione e bilanciamento degli impatti si arriva al risultato finale rappresentato da eco-indicatore. L'eco indicatore scelto per meglio rappresentare la situazione analizzata è: LCA GWP10 che quantifica in KgCO₂eq emessi in atmosfera nell'arco di 10 anni (durata media di utilizzo

del device stampante + consumabili) l'impatto ambientale dal punto di vista del carbon footprint. L'ipotesi più dispendiosa (dalla tabella) in termini di KgCO₂eq è quella evidenziata in giallo che indica 45.644 KgCO₂eq nei 10 anni di utilizzo/consumo.

- Interpretazione dei risultati e miglioramento. In questa fase si verifica il livello di coerenza e di sensibilità dei dati ottenuti con gli obiettivi prestabiliti e si effettuano le rispettive considerazioni. L'impatto ambientale che deriva dallo studio è assolutamente rilevante. Ciò che più impatta nella dimensione delle emissioni è il fattore carta, ovvero delle etichette. Come indicato in tabella l'ipotesi più dispendiosa in termini di KgCO₂eq è quella con stampante che utilizza energia elettrica indistintamente dal mix nazionale e stampa con TTR su etichette in carta vellum e glassine. Il suo impatto LCA GWP10 KgCO₂eq è 45.644.

Da questo dato si possono estrapolare 2 dati interessanti e più comprensibili:

1 - Quanti alberi abbattuti equivalenti sono serviti per produrre questa quantità di CO₂? - Pari a $(45.644/693.636)$ 65,8 alberi abbattuti equivalenti.

2 - Quanti alberi servono per compensare (assorbendola nell'arco di 1 anno) la CO₂ emessa come sopra indicato? - Servirebbero $(45.644/7007)$ 65,2 alberi per assorbire in un anno tale quantità di CO₂ emessa.

Le eventuali azioni di miglioramento al prodotto e sistema considerato vanno intraprese per abbassare sensibilmente gli eco-indicatori. Le seguenti azioni

possono essere applicate singolarmente ma la soluzione migliore è quella di creare un mix del loro impiego:

- * Riutilizzo della stampante al termine del suo ciclo di vita; si evita l'uso di nuove risorse per la sua produzione e soprattutto il "costo" del suo smaltimento – programma TT-LIFE RECYCLING.
- * Utilizzo di sistemi digitali che agiscano su più fronti all'interno della supply-chain – PL SYSTEM.
- * Utilizzo di materiali linerless, che agiscono in modo molto significativo sulle emissioni e sullo spreco della carta.

La TT-Hourglass, in confronto, permette di ridurre drasticamente le emissioni KgCO₂eq perché non utilizza minimamente la carta adesiva o le etichette stampando direttamente sul confezionamento del prodotto. Perciò elimina grandissima parte di ciò che consuma la ZEBRA ZT411 in termini di etichette. In più permette un risparmio compreso tra il 70 e l'80% di consumabili. Infine, garantisce un 300% in più di autonomia energetica rispetto alle stampanti classiche, come quella riportata nel caso, ovvero la ZEBRA ZT411. Di fatto, la TT-Hourglass apporta benefici in tutti i 3 grandi campi dello sviluppo sostenibile, ovvero l'ecologico, etico/sociale e l'economico.

Beneficio ecologico. Nessuna tipologia di deforestazione per produrre carta! In media per produrre una tonnellata di carta (quella utilizzata normalmente per realizzare le etichette) servono almeno 15 alberi, pertanto i numeri legati alla GDO

sono impressionanti. I dati riportano infatti che per produrre 1 milione di etichette di carta occorre abbattere all'incirca 6 alberi che corrispondono, in termini di consumo, a 3316 KgCO₂ equivalente. Considerato il fabbisogno di una catena media di supermercati, si stimano fino a 3 mila alberi l'anno. In più la stampante TT-Hourglass è fabbricata grazie alla stampa 3d che permette di ridurre al minimo indispensabile i materiali utilizzati in produzione eliminando del 100% gli scarti da lavorazione industriale.

Beneficio etico/sociale. Il consumatore non deve più staccare l'etichetta dallo shopper o dalla busta di carta per fare una corretta differenziazione dei rifiuti, poiché la stampa a trasferimento termico di TT-Hourglass permette di mantenere la compostabilità del sacchetto e di poterlo dunque anche tranquillamente riutilizzare per la raccolta dell'organico, così come permette di riutilizzare o buttare il sacchetto in carta direttamente nella differenziata senza la preoccupazione della diversa composizione della carta adesiva.

Beneficio economico. Con l'utilizzo di TT-Hourglass il risparmio sul costo dei consumabili per la grande distribuzione va dal 70 all'80%. Per le catene più importanti si traduce in qualche centinaia di migliaia di euro l'anno. La produttività della bilancia può arrivare a circa il 300% in più di autonomia, con molti meno fermi macchina e rallentamenti nei processi di acquisto (grazie all'assenza del rotolo di etichette da cambiare quando terminato e al fatto che un rotolo di nastro a trasferimento termico dura molto più a lungo).

4.6. Progetti e sviluppi futuri

Anche per gli altri progetti la base per la loro realizzazione rimane la stessa come visto per la TT-Hourglass, ovvero sfruttare i principi dell'economia circolare per essere sempre più sostenibili. Il progetto che sta prendendo sempre più piede e quello che contribuisce pienamente alla circolarità è il Progetto bio-based label. T-Trade ha allestito un vero e proprio laboratorio bio per la produzione, direttamente da compound di origine naturale (scarti di frutta, mais, riso...) di bobine di film bio da adesivizzare e fustellare in base a necessità, per la realizzazione di etichette o cartellini in materia prima totalmente naturale. Un esempio di un'applicazione che in questo momento l'azienda sta testando è un cartellino biodegradabile realizzato con film a base di mais applicato su piantine in coltivazione in campi aperti, come sostituto di un equivalente cartellino in polipropilene comunemente usato su queste applicazioni (con l'aggravante che la plastica rimane sul terreno a fine raccolto, diventando dannosa ed inquinante per il terreno stesso). L'aver fornito un'alternativa biodegradabile risolve ovviamente un problema enorme. L'azienda ha dato il via ad una serie di test per portare l'etichetta bio ad essere un degno sostituto della plastica. I test confermano che utilizzare film bio-based nella produzione di questi cartellini, al posto del film in plastica, non crea nessun problema, neanche nella fase di adesivizzazione. L'azienda ha deciso di realizzare un'attività di estrusione dei materiali bio per trasformarli in film e un successivo accoppiamento con adesivo e liner producendo così l'etichetta 100% bio. A regime,

il film biodegradabile e compostabile potrà sostituire moltissime applicazioni della plastica nell'etichettatura. Nella figura 14 sottostante viene mostrato il diverso ciclo di vita tra un'etichetta di plastica comune e l'etichetta bio-based T-Trade.



Fig.14. Confronto ciclo di vita. Fonte: T-Trade Group

Questo progetto potrebbe essere un ottimo sostituto del classico nastro adesivo in polipropilene. Pertanto, il nastro adesivo in plastica potrebbe essere sostituito sia dalla carta termica linerless già in uso con la TT-PS Eco+, sia da un nuovo nastro adesivo prodotto con materiale compostabile e biodegradabile.

Sempre abbracciando l'economia circolare e l'eco-progettazione, il Progetto TT-LIFE RECYCLING punta all'estensione della vita dei materiali e dei prodotti

donandogli una seconda vita ed utilità. Ridare vita a prodotti usati e contestualmente ridargli un nuovo “passaporto” è l’ambizioso scopo di TT-Life Recycling. Il progetto parte da una mappatura del parco stampanti (ma anche lettori) usato dai clienti, al fine di recuperare l’usato e reimmetterlo sul mercato. Il progetto TT-Life Recycling abbraccia vari business model circolari come:

- Sharing economy, ovvero un modo nuovo di vedere ciò che si possiede; ogni bene non utilizzato è sprecato (esempio: utilizzare il bene e al termine della sua utilità, restituirlo).
- Life extension e rigenerazione, riparazione e riuso; ovvero allungare la vita del prodotto, piuttosto che acquistarne uno nuovo.
- Prodotto come servizio, passando da un’idea di proprietà del bene ad un’idea di noleggio, che magari renda anche possibile quantificare le performance.
- Upcycling, o riuso creativo, ovvero il processo di trasformazione di sottoprodotti, materiali di scarto, prodotti inutili o indesiderati in nuovi materiali o prodotti percepiti come di maggiore qualità, come valore artistico o valore ambientale; nel caso del progetto T-Trade, significa dare una vita e una “intelligenza” nuova al prodotto.

In più ci sono altri due progetti che l’azienda sta portando avanti e che considera come fiore all’occhiello. Questi due progetti si basano sull’uso dell’intelligenza

artificiale e della potenzialità dell'Internet delle cose che possono dare all'attività aziendale. Il progetto piattaforma T-Trace con l'app TT-No Waste concilia egregiamente l'utilizzo dell'IoT per lo sviluppo sostenibile, l'economia circolare e la riduzione degli sprechi e di conseguenza dell'inquinamento. T-Trade ha lanciato un'app gratuita, TT-No Waste, contro lo spreco alimentare e farmaceutico. Dopo il caricamento dei prodotti acquistati nell'applicazione, l'app avverte l'utente in prossimità della loro scadenza al fine di evitarne il non utilizzo attraverso due opzioni a scelta dell'utente stesso: consumare il prodotto o donarlo ad ente del terzo settore preventivamente registratosi, sempre gratuitamente, sul portale collegato all'app. TT-No Waste è anche un circuito etico e solidale che, se utilizzato insieme al sistema di stampa TT-PL System brevettato da T-Trade, permette uno scambio di informazioni tra produttore, distributore e consumatore, unico al mondo.



Fig.15: Il modello di economia circolare in TT-No Waste. Fonte: tt-nowaste.org

Questo progetto, mostrato anche in Figura 15, centra uno degli obiettivi primari di T-Trade: fare business facendo del bene. Questo progetto rientra poi nel più ampio programma denominato Piattaforma T-Trace, che si avvale della preziosa collaborazione dell'Università Politecnica delle Marche. Si tratta di una vera e propria rivoluzione digitale perché strumento di interconnessione di tutte le fasi della filiera, andando a soddisfare gran parte delle necessità legate a: tracciabilità, rintracciabilità, food safety, sostenibilità ecologica, Industry 4.0, digitalizzazione della filiera e sostenibilità etica. Infatti, attraverso la piattaforma digitale T-Trace le

aziende possono interagire sfruttando una intelligenza tecnologica comune, permette di assegnare Qr Code univoci agli imballaggi offrendo garanzia ed opportunità per il settore logistico e i trasportatori e permette di ridurre imprevisti o pericoli grazie all’invio real time di avvisi o segnalazioni. *“Con questa nuova realtà vogliamo offrire a tutti la possibilità di decidere autonomamente di donare il cibo, i farmaci o i dispositivi di protezione che non utilizziamo attraverso una soluzione innovativa che coniuga al suo interno tecnologia, sostenibilità e consapevolezza. Crediamo sia anche un modo per perseguire gli obiettivi di sviluppo sostenibili dettati dall’Agenda 2030 delle Nazioni Unite”*⁶⁰, il messaggio in un’intervista di Enrico Friziero, founder di T-Trade Group, in merito all’applicazione TT-No Waste e alla piattaforma T-Trace.

4.7. Implicazioni conclusive

L’analisi del caso descritto mette in luce come sia possibile per un’azienda appartenente al settore dell’etichettatura perseguire obiettivi di sviluppo sostenibile grazie all’innovazione tecnologica. I risultati dell’analisi empirica possono offrire implicazioni utili a quelle aziende che vogliono investire tanto nella sostenibilità quanto nell’innovazione tecnologica.

⁶⁰ Enrico Friziero, *“Intervista con Trentino Sviluppo”*, 2022

Nel campo della sostenibilità vi sono molteplici approcci di economia circolare e diversi modelli business sostenibili da intraprendere dalle aziende per realizzare obiettivi sostenibili, come il modello del recupero e riciclo o le piattaforme di condivisione. Di fatto, T-Trade ha realizzato a favore dell'economia circolare, l'applicazione digitale TT- No Waste al fine di ridurre gli sprechi alimentari e farmaceutiche, come precedentemente esaminato. Questa realtà permette ai consumatori di gestire in maniera intelligente le proprie risorse. Addirittura si possono creare collaborazioni e simbiosi industriali e tecnologiche fra aziende dello stesso settore al fine di scambiarsi risorse e conoscenze. Invece, nell'ampio settore dell'innovazione industriale e della tecnologia ci sono altrettante opportunità da poter attuare per diversificarsi. Ad esempio utilizzando le potenzialità dell'Internet delle Cose, della Stampa 3d o dell'intelligenza artificiale si possono sviluppare progetti innovativi che possono apportare importanti risultati economici all'azienda tramite la trasformazione in brevetti industriali come avvenuto nel caso sopradescritto della TT-Hourglass.

Ciò che è emerso è che, la presenza di una serie di fattori all'interno dell'azienda consente un efficace connubio tra innovazione e sostenibilità.

In primo luogo, T-Trade Group si è dotata di una metodologia Agile per la gestione dei propri progetti, basata su cicli di lavoro brevi e composta da gruppi snelli e qualificati. Grazie ad essa, l'azienda riesce ad implementare velocemente un'idea

innovativa nei sistemi produttivi aziendali modificandola in corso d'opera per soddisfare gli impegni socio-ambientali che l'azienda vuole perseguire.

In secondo luogo, un altro fattore critico di successo risiede nella volontà e nella vocazione alla sostenibilità della governance e della leadership aziendale. Se la direzione e i vertici aziendali non hanno la dedizione verso il rischio, la sostenibilità e l'innovazione difficilmente l'azienda potrà inserirsi nei meccanismi descritti nell'elaborato. Inoltre, la capacità di integrare nel proprio business model i principi di economia circolare ed eco-progettazione necessita di un forte coinvolgimento degli stakeholders. Queste pratiche manageriali richiedono ampie e flessibili abilità di gestione delle fasi di stallo dei progetti, competenze e conoscenze elevate del settore produttivo e commerciale di riferimento e tanta perseveranza e attitudine di ogni soggetto aziendale che partecipa alla creazione dell'innovazione. Di fatto, nella ricerca dell'innovazione è molto facile cadere in fasi di re-work nel progetto: è essenziale avere un team di lavoro ben allenato alle situazioni di stress e problem solving. È per questo che è importante avere un'equipe esperta, qualificata e competente. Nell'esempio mostrato della TT-Hourglass, l'azienda ha impiegato circa 15 anni nel realizzare concretamente il progetto. Al tempo stesso però, le fasi di re-work possono favorire "l'innovazione successiva". Infatti, l'azienda mentre realizzava il prototipo della stampante ha gettato qualche idea per i prossimi progetti, uno fra questi è la sperimentazione di inchiostri a base vegetale nelle proprie stampanti.

In definitiva, approcciarsi all'innovazione tecnologica in parallelo al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità risulta essere per le aziende una sfida molto accattivante data le opportunità che si possono ottenere. Per farlo però occorre che ci sia una forte determinazione e attitudine dell'azienda.

CONCLUSIONE

Lo scopo della presente tesi è quello di approfondire il concetto di economia circolare e di innovazione da un punto di vista teorico e applicativo, esaminando in che modo tale concetto, oggi, possa essere implementato in maniera virtuosa ed efficace nelle aziende nell'ambito dello sviluppo tecnologico industriale.

Pertanto, dopo aver presentato i concetti e i principi dell'economia circolare, il focus del presente lavoro si è concentrato sulla descrizione di come l'innovazione tecnologica possa contribuire alla realizzazione, in azienda, di aspetti di sostenibilità ed ecologia. L'adozione di strategie di eco progettazione e di nuove tecnologie – come l'Internet delle Cose - e l'applicazione di studi LCA si rivelano ad oggi alcuni tra i metodi e gli strumenti più efficaci per generare uno sviluppo sostenibile industriale volto al raggiungimento di un vantaggio economico duraturo. A tal proposito, si è approfondito il caso dell'azienda italiana T-Trade Group, pioniera dello sviluppo sostenibile industriale dell'ampio settore dell'etichettatura, packaging e stampanti. L'azienda è la dimostrazione concreta di come, tramite l'applicazione dei principi di economia circolare e di eco-progettazione, si possa evitare l'utilizzo eccessivo di materie prime nei propri cicli produttivi, evitando inoltre la creazione di scarti industriali. Questo permette di conseguire notevoli vantaggi. Infatti, dal punto di vista ambientale, il sistema produttivo industriale dell'azienda viene alimentato con le risorse prettamente necessarie alla fabbricazione delle etichette e al tempo stesso di ridurre gli impatti negativi

derivanti dalla dispersione del rifiuto-etichetta nell'ambiente grazie alla ricerca continua di realizzare etichette bio e ecocompatibili con la natura. Inoltre, dal punto di vista economico, si riducono le spese dirette ed indirette relative all'extra-produzione, smaltimento e stoccaggio delle etichette, che normalmente costituisce una fonte di costi importante per le aziende del settore. Ad esempio, come riportato nel caso studiato l'impiego di etichette linerless, ovvero prive del supporto siliconato liner, ridurrebbe di oltre 5000 kg i rifiuti derivanti dalla carta siliconata⁶¹. Si è poi visto come l'utilizzo di metodologie di Project Management nell'attività di R&D abbia favorito notevolmente l'implementazione della stampante TT-Hourglass e di altri progetti aziendali. Seguendo un l'approccio iterativo è stato possibile ottimizzare l'impiego dei materiali facilitando l'assemblaggio e il disassemblaggio dei materiali. La TT-Hourglass è realizzata infatti con la fabbricazione additiva e collaborazioni esterne, riducendo gli sprechi industriali. Dopodiché si sono trattati gli studi che l'azienda ha realizzato in tema LCA per i propri prodotti. Tale studio, come calcolato nel capitolo 4, ha fatto emergere come effettivamente la nuova stampante creata TT-Hourglass permette di inquinare meno e utilizzare meno risorse. Inoltre, garantisce un 300% in più di autonomia energetica rispetto alle stampanti classiche tradizionali.

⁶¹ Il calcolo si basa sulla relazione del 2007 riguardante lo smaltimento di rifiuti industriali (Ministero dell'Ambiente Giappone) e sulla relazione riguardante l'incenerimento dei rifiuti generici (Comitato per il calcolo delle emissioni di gas serra, Ministero dell'Ambiente Giappone).

Per rafforzare ciò che l'azienda progetta e realizza si sono esaminati anche altri progetti e prodotti che sta portando avanti come le etichette bio-based e il programma T-Trace.

Per concludere, si è voluto dimostrare con questa tesi che l'adozione di pratiche di economia circolare e di innovazione tecnologica industriale possano viaggiare parallelamente e, anzi, possono generare, con una loro simbiosi, dei vantaggi competitivi economici unici, difficilmente copiabili e duraturi in armonia con l'ambiente e la società, come sta realizzando il caso analizzato.

BIBLIOGRAFIA

Anadon, L.D., et al. "Making technological innovation work for sustainable development." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113.35 (2016): 9682-9690.

Ashton, K. "That 'internet of things' thing." *RFID journal* 22.7 (2009): 97-114.

Ball, Jonathan. "Can ISO 14000 and eco-labelling turn the construction industry green?." *Building and environment* 37.4 (2002): 421-428.

Banterle, Alessandro, and Stefanella Stranieri. "Sustainability standards and the reorganization of private label supply chains: A transaction cost perspective." *Sustainability* 5.12 (2013): 5272-5288.

Behera, Panchanan, R. P. Mohanty, and Anand Prakash. "Understanding construction supply chain management." *Production Planning & Control* 26.16 (2015): 1332-1350.

Bernstein J., et al. "Health effects of air pollution." *Journal of allergy and clinical immunology* 114.5 (2004): 1116-1123.

Bhamra, T. A. "Ecodesign: the search for new strategies in product development." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 218.5 (2004): 557-569.

Bjørn, A., et al. "LCA history." *Life cycle assessment: theory and practice* (2018): 17-30.

Bleda, Mercedes, and Marco Valente. "Graded eco-labels: a demand-oriented approach to reduce pollution." *Technological forecasting and social change* 76.4 (2009): 512-524.

Blengini Andrea, Gian, and Deborah J. Shields. "Green labels and sustainability reporting: Overview of the building products supply chain in Italy." *Management of Environmental Quality: An International Journal* 21.4 (2010): 477-493.

Bocken N. Strupeit L. Whalen K. Nußholz J. A Review and Evaluation of Circular Business Model Innovation Tools. *Sustainability* 2019, 11, 2210

Boothroyd, G. and Alting L. "Design for assembly and disassembly." *CIRP annals* 41.2 (1992): 625-636.

Bouazza, Abdelmalek, and W. F. Van Impe. "Liner design for waste disposal sites." *Environmental Geology* 35 (1998): 41-54.

Boulding E.K., *The Economics of the Coming Spaceship Earth*, 1966.

Bourell, D., et al. "Materials for additive manufacturing." *CIRP annals* 66.2 (2017): 659-681.

Bruce, Christopher, and Andrea Laroiya. "The production of eco-labels." *Environmental and Resource Economics* 36 (2007): 275-293.

Brunekreef B. and Holgate S.T., "Air pollution and health." *The lancet* 360.9341 (2002): 1233-1242.

Calignano F., et al. "Overview on additive manufacturing technologies." *Proceedings of the IEEE* 105.4 (2017): 593-612.

Cancino, C.A., et al. "Technological innovation for sustainable growth: An ontological perspective." *Journal of Cleaner Production* 179 (2018): 31-41.

Carneiro, O.S., et al. "Fused deposition modeling with polypropylene." *Materials & Design* 83 (2015): 768-776.

Carter, Craig R., and Dale S. Rogers. "A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory." *International journal of physical distribution & logistics management* 38.5 (2008): 360-387.

Carter, Craig R., and P. Liane Easton. "Sustainable supply chain management: evolution and future directions." *International journal of physical distribution & logistics management* 41.1 (2011): 46-62.

Cavalcante, Tania M., and World Health Organization. "Labelling and packaging in Brazil." (2003).

Chaves, Leonardo Weiss Ferreira, and Christian Decker. "A survey on organic smart labels for the Internet-of-Things." *2010 Seventh International Conference on Networked Sensing Systems (INSS)*. IEEE, 2010.

Cicconi, P.. "Eco-design and Eco-materials: An interactive and collaborative approach." *Sustainable Materials and Technologies* 23 (2020): e00135.

Ciocia M A, 'Circolarità economica e trasparenza del prodotto' (2022) 1 EJPLT, 57-72.

Collins, Chris. "Eliminating labels." *Derivation and explanation in the Minimalist Program* (2002): 42-64.

Colorado, H. A., et al. "Sustainability of additive manufacturing: the circular economy of materials and environmental perspectives." *Journal of Materials Research and Technology* 9.4 (2020): 8221-8234.

COM(2019) 640 final

COM(2019) 650 final

COM(2020) 798 final/2

COM(2020) 98 final

COM(2021) 550 final

Commissione europea e CESE, *Piattaforma europea delle parti interessate per l'economia circolare*, 2017

Commissione Europea, *Ecodesign for sustainable products*, 2022

Commissione Europea, *Nuovo Piano d'azione per l'economia circolare*, 2020

Commoner B., "Ecology and social action." *Philosophica* 13 (1974).

Commoner B., *The Closing Circle: Nature, Man and Technology*, 1971.

Costato, Luigi. "Le etichette alimentari nel nuovo regolamento 1169/2011." *Le etichette alimentari nel nuovo regolamento 1169/2011* (2011): 69-91.

Curtis, R. H., The impact of pollution on historical monuments and sites—a review. *Atmospheric Environment*, 35(25), 417-431, 2001.

Czech, Zbigniew, et al. "Biodegradable self-adhesive tapes with starch carrier." *International Journal of Adhesion and Adhesives* 44 (2013): 195-199.

Czech, Zbigniew. "Solvent-based pressure-sensitive adhesives for removable products." *International journal of adhesion and adhesives* 26.6 (2006): 414-418.

De Simone E., *Storia economica: Dalla rivoluzione industriale alla rivoluzione informatica*, 2016.

Decreto legislativo 3 settembre 2020, n. 116.

Den Hollander, M.C., Bakker C.A., and Jan Hultink E.. "Product design in a circular economy: Development of a typology of key concepts and terms." *Journal of Industrial Ecology* 21.3 (2017): 517-525.

Direttiva (UE) 2018/2001

Direttiva (UE) 2018/851 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018

Direttiva 2008/98/CE

Donberg, Deborah. "One answer to 'linerless' label production." *Paper, Film and Foil Converter* 76.3 (2002): CL14.

Donnelly, K. et al. "Eco-design implemented through a product-based environmental management system." *Journal of Cleaner Production* 14.15-16 (2006): 1357-1367.

Einsla, Melinda, et al. "Heat-activated pressure sensitive adhesives for linerless labels." *Journal of Applied Polymer Science* 136.6 (2019): 47048.

Ekins, P., Domenech, T., Drummond, P., Bleischwitz, R., Hughes, N. and Lotti, L. (2019), "The Circular Economy: What, Why, How and Where", Paris.

Ellen MacArthur Foundation, *Towards the circular economy*, 2013.

Erskine, Camilla C., and Lyndhurst Collins. "Eco-labelling: success or failure?." *Environmentalist* 17.2 (1997): 125-133.

European Environment Agency, *Noise pollution is still prevalent across Europe, but there are several ways to turn down the volume*, 2022.

Falqui L. and Pace J., "la simbiosi industriale come strumento per la green economy.", 2017.

Fenger J., "Urban air quality." *Atmospheric environment* 33.29 (1999): 4877-4900.

Fernández I., et al. (2019). Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of Tarragona, Spain. *Environmental Geochemistry and Health*, 41(1), 393-405.

Fernández-Caramés, Tiago M., and Paula Fraga-Lamas. "A review on human-centered IoT-connected smart labels for the industry 4.0." *IEEE access* 6 (2018): 25939-25957.

Finnveden, G. et al. "Recent developments in life cycle assessment." *Journal of environmental management* 91.1 (2009): 1-21.

Frazier, W.E. "Metal additive manufacturing: a review." *Journal of Materials Engineering and performance* 23 (2014): 1917-1928.

Galarraga Gallastegui, Ibon. "The use of eco-labels: a review of the literature." *European Environment* 12.6 (2002): 316-331.

Garcia-Muiña, F.E., et al. "Identifying the equilibrium point between sustainability goals and circular economy practices in an Industry 4.0 manufacturing context using eco-design." *Social sciences* 8.8 (2019): 241.

García-Sánchez, I., et al. "Do the ecoinnovation and ecodesign strategies generate value added in munificent environments?." *Business Strategy and the Environment* 29.3 (2020): 1021-1033.

Gardan, J. "Additive manufacturing technologies: state of the art and trends." *International Journal of Production Research* 54.10 (2016): 3118-3132.

Geisendorf, S and Pietrulla F. "The circular economy and circular economic concepts—a literature analysis and redefinition." *Thunderbird International Business Review* 60.5 (2018): 771-782.

Geldenhuis, Nikita. "Invested in the future of labelling." *South African Pharmaceutical and Cosmetic Review* 43.1 (2016): 35-38.

Geldenhuis, Nikita. "The ultimate label: labelling-shrink sleeves." *South African Pharmaceutical and Cosmetic Review* 42.10 (2015): 46-47.

Gibson M. D. and Jarvie, H. P. (2018). Industrial pollution, nutrient pollution, and harmful algal blooms: Implications for marine and freshwater ecosystem health. *Environmental Science & Technology*, 52(7), 3869-3879

Gibson, I., et al. *Additive manufacturing technologies*. Vol. 17. Cham, Switzerland: Springer, 2021.

Giudice, F., et al. "Product recovery-cycles design: Extension of useful life." *Feature Based Product Life-Cycle Modelling: IFIP TC5/WG5. 2 & WG5. 3 Conference on Feature Modelling and Advanced Design-for-the-Life-Cycle Systems (FEATS 2001) June 12–14, 2001, Valenciennes, France*. Springer US, 2003.

Giurco, D, et al. "Circular economy: questions for responsible minerals, additive manufacturing and recycling of metals." *Resources* 3.2 (2014): 432-453.

Gobble, M. "Innovation and sustainability." *Research-Technology Management* 55.5 (2012): 64-67.

Grayson D. K. (2011). The archaeological record of human impacts on animal populations. *Journal of World Prehistory*, 24(1), 1-35.

Grayson D. K. The archaeological record of human impacts on animal populations. *Journal of World Prehistory*, 24(1), 1-35, 2011.

Grimm, N.B., et al. "The impacts of climate change on ecosystem structure and function." *Frontiers in Ecology and the Environment* 11.9 (2013): 474-482.

Grossman, G. M., and Krueger A.B.. "Economic growth and the environment." *The quarterly journal of economics* 110.2 (1995): 353-377.

Guinée, J.B., ed. *Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards*. Vol. 7. Springer Science & Business Media, 2002.

Guinee, J.B., et al. "Life cycle assessment: past, present, and future." (2011): 90-96.

Haberl et al., "Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century", 2007

Hambling T, Weinstein P, Slaney D. A review of frameworks for developing environmental health indicators for climate change and health. *Int J Environ Res Public Health* 2011;8(7):2854-75

Hauschild, M.Z., et al. *Life cycle assessment*. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3> Book, 2018.

Hawley, Kristy L., et al. "The science on front-of-package food labels." *Public health nutrition* 16.3 (2013): 430-439.

Heijungs, R. and AJ Huijbregts. "A review of approaches to treat uncertainty in LCA." (2004).

Hellweg, S., et al. "Emerging approaches, challenges and opportunities in life cycle assessment." *Science* 344.6188 (2014): 1109-1113.

Herrmann, I.T., Moltesen A. "Does it matter which Life Cycle Assessment (LCA) tool you choose?—a comparative assessment of SimaPro and GaBi." *Journal of Cleaner Production* 86 (2015): 163-169.

Hickey J. J. Anderson, D. W. (1968). *Chlorinated Hydrocarbons and Eggshell Changes in Raptorial and Fish-Eating Birds*. *Science*, 162(3850), 271–273.

Hoch, Stephen J., and Shumeet Banerji. "When do private labels succeed?." *MIT Sloan Management Review* 34.4 (1993): 57.

Hoffmann R. C., et al. (2015). Tracking the medieval economic boom: The role of pollution in environmental history. *Environmental Science & Technology*, 49(16), 9569-9577.

Hoffmann R. *An environmental history of medieval Europe*. Cambridge University Press, 2014.

Hunkeler, D. "Societal LCA methodology and case study (12 pp)." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 11 (2006): 371-382.

Iooss, B. and Saltelli A.. "Introduction to sensitivity analysis." *Handbook of uncertainty quantification* (2017): 1103-1122.

Jacquemin, L. et al. "Life cycle assessment (LCA) applied to the process industry: a review." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 17 (2012): 1028-1041.

Jelinski, L.W., et al. "Industrial ecology: concepts and approaches." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 89.3 (1992): 793-797.

Kawahara, Jun, et al. "Reconfigurable sticker label electronics manufactured from nanofibrillated cellulose-based self-adhesive organic electronic materials." *Organic electronics* 14.11 (2013): 3061-3069.

Klöppfer, W. and Birgit G. *Life cycle assessment (LCA): a guide to best practice*. John Wiley & Sons, 2014.

Knight, P., and J.O. Jenkins. "Adopting and applying eco-design techniques: a practitioners perspective." *Journal of cleaner production* 17.5 (2009): 549-558.

Korhonen, J, et al. "Circular economy: the concept and its limitations." *Ecological economics* 143 (2018): 37-46.

Krausmann F, et al. "Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century." *Proceedings of the national academy of sciences* 110.25 (2013): 10324-10329.

Kristoffersen, E. et al. "The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies." *Journal of business research* 120 (2020): 241-261.

La regolazione dell'economia circolare: sostenibilità e nuovi paradigmi di sviluppo / Cocconi, Monica - Milano: Franco Angeli, 2020 - 157 p.

Leach, M. et al. "Transforming innovation for sustainability." *Ecology and Society* 17.2 (2012).

Lebreton, Laurent, and Anthony Andrady. "Future scenarios of global plastic waste generation and disposal." *Palgrave Communications* 5.1 (2019): 1-11.

Lestas, A. N. "The effect of pH upon human transferrin: selective labelling of the two iron-binding sites." *British journal of haematology* 32.3 (1976): 341-350.

Lezione 24: Inquinamento dell'acqua / Dolara, Piero in "TOX: lezioni di tossicologia - Firenze: Firenze University Press, 2006.

Liberti, Stefano, and Fabio Cicone. *Il grande carrello: chi decide cosa mangiamo*. Gius. Laterza & Figli Spa, 2019.

Liu Y, et al. "Industrial Soil Pollution: Sources, Assessment, and Management". *Environmental Pollution*, 2015.

Lugli, Gianpiero. "Il prosumerismo nel marketing dei servizi." *Mercati e competitività* 2005/2 (2005).

Lund, R.T., and M. Denney. "Opportunities and implications of extending product life." *MFPG, Product Durability and Life: Proceedings of the 27th Meeting of the Mechanical Failures Prevention Group, Held at the National Bureau of Standards, Gaithersburg, Maryland, November 1-3, 1977*. Vol. 13. US Department of Commerce, National Bureau of Standards, 1978.

Mahmoudabadi A.M., et al. "Industrial Noise Pollution and Its Effects on Humans: A Comprehensive Review". *Health Promotion Perspectives*, 2017

Maier, D., et al. "The relationship between innovation and sustainability: A bibliometric review of the literature." *Sustainability* 12.10 (2020): 4083.

Mäler K. "International environmental problems." *Oxford Review of economic policy* 6.1 (1990): 80-108.

Matos, F. et al. "Additive manufacturing: Exploring the social changes and impacts." *Sustainability* 11.14 (2019): 3757.

McCullum, Christine, and Cheryl L. Achterberg. "Food shopping and label use behavior among high school-aged adolescents." *Adolescence* 32.125 (1997): 181.

McNutt, M. "Climate change impacts." *Science* 341.6145 (2013): 435-435.

Meadows, D. H., et al. "The limits to growth." *Green planet blues*. Routledge, 2018. 25-29.

Medeiros, Diego Lima, et al. "Environmental improvement in the printing industry: The case study of self-adhesive labels." *Environmental Science and Pollution Research* 26 (2019): 13195-13209.

Melchels, F. PW, Jan Feijen, and Dirk W. Grijpma. "A review on stereolithography and its applications in biomedical engineering." *Biomaterials* 31.24 (2010): 6121-6130.

Mendoza, Joan Manuel F., et al. "Integrating backcasting and eco-design for the circular economy: The BECE framework." *Journal of Industrial Ecology* 21.3 (2017): 526-544.

Mirsal, I.A. *Soil pollution*. Berlin: Springer, 2008

Mohamed, Omar A., Syed H. Masood, and Jahar L. Bhowmik. "Optimization of fused deposition modeling process parameters: a review of current research and future prospects." *Advances in manufacturing* 3 (2015): 42-53.

Mont, O. "Institutionalisation of sustainable consumption patterns based on shared use." *Ecological economics* 50.1-2 (2004): 135-153.

Mudu, P., Terracini B., and Martuzzi M.. *Human health in areas with industrial contamination*. World Health Organization. Regional Office for Europe, 2014.

Mukhopadhyay, Subhas Chandra, and Nagender K. Suryadevara. *Internet of things: Challenges and opportunities*. Springer International Publishing, 2014.

Nema, P., Sameer N. and Priyanka R. "An overview of global climate changing in current scenario and mitigation action." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16.4 (2012): 2329-2336.

Nobre, Gustavo Cattelan, and Elaine Tavares. "Scientific literature analysis on big data and internet of things applications on circular economy: a bibliometric study." *Scientometrics* 111 (2017): 463-492.

Omri, Anis. "Technological innovation and sustainable development: does the stage of development matter?." *Environmental Impact Assessment Review* 83 (2020): 106398.

Pagoropoulos, Aris, Daniela CA Pigosso, and Tim C. McAloone. "The emergent role of digital technologies in the Circular Economy: A review." *Procedia cirp* 64 (2017): 19-24.

Parlamento europeo, Economia circolare: definizione, importanza e vantaggi, 2022.

Parlamento europeo, Economia circolare: in che modo l'UE intende realizzarla entro il 2050?, 2022.

Parry et al., "Impacts of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios", 2004.

Parry, M.L., et al. "Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios." *Global environmental change* 14.1 (2004): 53-67.

Pearce D. and Turner K., *Economics of natural resources and the environment*, 1990

Pearce D.W. and Turner R.K.. *Economics of Natural Resources and the Environment*. Harvester Wheatsheaf, London, 1990. 378 pp

Pennington, David W., et al. "Life cycle assessment Part 2: Current impact assessment practice." *Environment international* 30.5 (2004): 721-739.

Pepe C., et al. "Plant landscape and environmental changes recorded in marginal marine environments: the ancient Roman harbour of Portus (Rome, Italy)." *Quaternary International* 303 (2013): 73-81.

Plouffe, Sylvain, et al. "Economic benefits tied to ecodesign." *Journal of Cleaner Production* 19.6-7 (2011): 573-579.

Pribyl, K., et al. (2017). Environmental and economic challenges for the Roman agro-town of Scupi. *Journal of Archaeological Science*, 78, 25-36

Pribyl, K., et al. (2017). Environmental and economic challenges for the Roman agro-town of Scupi. *Journal of Archaeological Science*, 78, 25-36

Produzione, consumo e inquinamento atmosferico: un'analisi del caso italiano / D'Antonio, Mariano in "Economia pubblica. Fascicolo 1, 2002, Milano: Franco Angeli, 2002.

Ranta, Valtteri, Leena Aarikka-Stenroos, and Juha-Matti Väisänen. "Digital technologies catalyzing business model innovation for circular economy—Multiple case study." *Resources, Conservation and Recycling* 164 (2021): 105155.

Raugei, Marco, et al. "A coherent life cycle assessment of a range of lightweighting strategies for compact vehicles." *Journal of Cleaner Production* 108 (2015): 1168-1176.

Reap, John, et al. "A survey of unresolved problems in life cycle assessment: Part 1: goal and scope and inventory analysis." *The international journal of life cycle assessment* 13 (2008): 290-300.

Reap, John, et al. "A survey of unresolved problems in life cycle assessment: Part 2: impact assessment and interpretation." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 13 (2008): 374-388.

Rebitzer, Gerald, et al. "Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications." *Environment international* 30.5 (2004): 701-720.

Rendina E., *Inquinamento Acustico*, 2019.

Reuter, M.A. Digitalizing the Circular Economy. *Metall Mater Trans B* **47**, 3194–3220 (2016).

Reuter, M.A., et al. "Challenges of the circular economy: a material, metallurgical, and product design perspective." *Annual Review of Materials Research* 49 (2019): 253-274.

Rice, Gareth, Roland Clift, and Richard Burns. "Comparison of currently available european LCA software." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 2 (1997): 53-59.

Rose, Karen, Scott Eldridge, and Lyman Chapin. "The internet of things: An overview." *The internet society (ISOC)* 80 (2015): 1-50.

Rossi, Marta, Michele Germani, and Alessandra Zamagni. "Review of ecodesign methods and tools. Barriers and strategies for an effective implementation in industrial companies." *Journal of Cleaner Production* 129 (2016): 361-373.

Roy, Poritosh, et al. "A review of life cycle assessment (LCA) on some food products." *Journal of food engineering* 90.1 (2009): 1-10.

Rusch, Magdalena, Josef-Peter Schöggel, and Rupert J. Baumgartner. "Application of digital technologies for sustainable product management in a circular economy: A review." *Business Strategy and the Environment* 32.3 (2023): 1159-1174.

Sadori L., et al. (2016). Human impact, plant landscape and climate during Roman times. A diachronic study at Lago di Pergusa (Sicily, Italy). *Quaternary International*, 394, 136-148.

Sajjad, Aymen, Gabriel Eweje, and David Tappin. "Sustainable supply chain management: motivators and barriers." *Business Strategy and the Environment* 24.7 (2015): 643-655.

Sanchez, Fabio A. Cruz, et al. "Plastic recycling in additive manufacturing: A systematic literature review and opportunities for the circular economy." *Journal of Cleaner Production* 264 (2020): 121602.

Sauerwein, Marita, et al. "Exploring the potential of additive manufacturing for product design in a circular economy." *Journal of Cleaner Production* 226 (2019): 1138-1149.

Schischke, Karsten, Marcel Hagelüken, and Gregor Steffenhagen. "An introduction to ecodesign strategies—why, what and how?." *Fraunhofer IZM, Berlin, Germany* (2005).

Schvets, Khalavka. "Modern labels in the pharmaceutical industry." (2017).

Scientific Applications International Corporation (SAIC), et al. "Life-cycle assessment: principles and practice." (2006).

Scott R.L. (1973) "The Closing Circle: A Review of Barry Commoner's Book," *IUSTITIA*: Vol. 1: No. 1 , Article 6.

Seebode, Dorothea, Sally Jeanrenaud, and John Bessant. "Managing innovation for sustainability." *R&d Management* 42.3 (2012): 195-206.

Seuring, Stefan, and Martin Müller. "From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management." *Journal of cleaner production* 16.15 (2008): 1699-1710.

Shancang L. and Shanshan Z.. "The internet of things: a survey." *Information systems frontiers* 17 (2015): 243-259.

Stahel W.R and Reday Genevieve, *Potential for Substituting Manpower of Energy*, 1976.

Stahel W.R, *The Circular Economy: a User's Guide*, 1976.

Stahel, W.R. "The circular economy." *Nature* 531.7595 (2016): 435-438.

Stern, A.C. *Air Pollution: The effects of air pollution*. Vol. 2. Elsevier, 1977.

Stevens, Graham C. "Successful supply-chain management." *Management Decision* 28.8 (1990).

Storia e Futuro, *Rivista di Storia e Storiografia Contemporanea online*. Numero 51 - Dicembre 2019, Articoli, Numero 26 - Giugno 2011, Numero 26 -
Articoli, Numero 26 - Giugno 2011.

Subhashini R., Jayalakshmi A. and Prabhakaran R. "Industrial pollution and its effects on water quality: case study of Pollachi region, Tamil Nadu, India". *International Journal of Environmental Sciences*, 2013.

Suchek, Nathalia, et al. "Innovation and the circular economy: A systematic literature review." *Business Strategy and the Environment* 30.8 (2021): 3686-3702.

Sung-Hoon A., et al. "Anisotropic material properties of fused deposition modeling ABS." *Rapid prototyping journal* 8.4 (2002): 248-257.

Tan, Lu, and Neng Wang. "Future internet: The internet of things." *2010 3rd international conference on advanced computer theory and engineering (ICACTE)*. Vol. 5. IEEE, 2010.

Tang, Ying, et al. "Disassembly modeling, planning, and application." *Journal of Manufacturing Systems* 21.3 (2002): 200-217.

Temple, Norman J., and Joy Fraser. "Food labels: a critical assessment." *Nutrition* 30.3 (2014): 257-260.

Tukker A. "Eight types of product–service system: eight ways to sustainability? Experiences from SusProNet." *Business strategy and the environment* 13.4 (2004): 246-260.

Tukker, Arnold, et al. "Eco-design: the state of implementation in Europe–conclusions of a state of the art study for IPTS." *The Journal of Sustainable Product Design* 1.3 (2001): 147-161.

Vallet, Flore, et al. "Using eco-design tools: An overview of experts' practices." *Design Studies* 34.3 (2013): 345-377.

Vence, Xavier, and Ángeles Pereira. "Eco-innovation and Circular Business Models as drivers for a circular economy." *Contaduría y administración* 64.SPE1 (2019): 0-0.

Vidonish, Julia E., et al. "Thermal treatment of hydrocarbon-impacted soils: a review of technology innovation for sustainable remediation." *Engineering* 2.4 (2016): 426-437.

Vlachos, Ilias. "The impact of private label foods on supply chain governance." *British Food Journal* 116.7 (2014): 1106-1127.

Voulgaridis, Konstantinos, et al. "IoT and digital circular economy: Principles, applications, and challenges." *Computer Networks* 219 (2022): 109456.

Walther et al., "The Impacts of Climate Change on Ecosystem Structure and Function", 2002

Weber, Rolf H., and Romana Weber. *Internet of things*. Vol. 12. Heidelberg: Springer, 2010.

White, Alan R. "Labels for packaging." *Packaging Technology*. Woodhead Publishing, 2012. 395-407.

Wohlers, Terry, and Tim Gornet. "History of additive manufacturing." *Wohlers report* 24.2014 (2014): 118.

Wong, Kaufui V., and Aldo Hernandez. "A review of additive manufacturing." *International scholarly research notices* 2012 (2012).

Xia, Feng, et al. "Internet of things." *International journal of communication systems* 25.9 (2012): 1101.

Xu, Chao, et al. "Label Distribution Changing Learning with Sample Space Expanding." *Journal of Machine Learning Research* 24.36 (2023): 1-48.

Yokessa, Maïmouna, and Stéphan Marette. "A review of eco-labels and their economic impact." *International Review of Environmental and Resource Economics* 13.1-2 (2019): 119-163.

Yusuf, Muhammad Fakhrol, Hasbullah Ashari, and Mohd Rizal Razalli. "Environmental Technological Innovation and Its Contribution to Sustainable Development [J]." *Civil Engineering* 9.8 (2018).

Ziaee, Mohsen, and Nathan B. Crane. "Binder jetting: A review of process, materials, and methods." *Additive Manufacturing* 28 (2019): 781-801.

SITOGRAFIA

<https://www.eea.europa.eu/it/segnali/segnali-2020/infografica/che-cos2019e-12019inquinamento/view#:~:text=L'inquinamento%20altera%20un%20mezzo,inquainanti%20hanno%20molte%20fonti%20diverse.>

<https://asvis.it/notizie/2-16466/governance-ambientale-dopo-un-anno-di-progressi-un-2023-tra-timori-e-ottimismo#>

<https://www.iusinitinere.it/economia-circolare-definizione-e-politiche-europee-33885>

<https://sustainabledevelopment.un.org/milestones/wced>

https://www.ambientediritto.it/dottrina/Dottrina_2010/tutela_acqua_salvemini.htm

https://www.who.int/europe/health-topics/air-pollution#tab=tab_1

<https://www.eea.europa.eu/it/themes/air/intro>

<https://www.mase.gov.it/pagina/la-desertificazione>

<https://economiecircolare.com/glossario/simbiosi-industriale/>

<https://germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/announcement/20823.pdf>

<https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>

https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/PNRR/SEC_21.06.22.pdf

ELENCO DELLE FIGURE PRESENTI NEL TESTO

Fig. 1: Inquinamento globale, aumento esponenziale delle emissioni di CO2. Fonte: OWID.....	13
Fig. 2: EPI INDEX 2022. Fonte: Yale University & World Economic Forum.....	19
Fig. 3: Diagramma a farfalla. Fonte: Ellen MacArthur Foundation	27
Fig. 4: La simbiosi industriale per Kalundborg. Fonte: Kalundborg Eco-Industrial Park.....	30
Fig. 5: Progresso europeo degli obiettivi di sviluppo sostenibile. Fonte: ec.europa.eu/eurostat.....	43
Fig. 6: FDM. Fonte: CustomPart.net	55
Fig. 7. Risultati della valutazione qualitativa dei criteri del ciclo di vita (QALCC) per l'aspirapolvere. Fonte: Mendoza et al., Integrating Backcasting and Eco-Design for the Circular Economy.....	69
Fig 8. LCA Framework. Fonte: Stanford University.....	72
Fig. 9. Etichetta Energy Star. Fonte: https://www.energystar.gov/	99
Fig. 10. Etichetta linerless vs Etichette liner. Fonte: Eurocoding.com.....	102
Fig. 11. Certificazioni T-Trade Group. Fonte: elaborazione propria.....	116
Fig.12. TT-Hourglass. Fonte: T-Trade Group.....	129
Fig. 13. Studio LCA interno. Fonte: T-Trade Group.....	134
Fig.14. Confronto ciclo di vita. Fonte: T-Trade Group	139
Fig.15: Il modello di economia circolare in TT-No Waste. Fonte: tt-nowaste.org.....	142