



*Dipartimento di Impresa e Management*  
*Corso di Laurea Magistrale in “Gestione d’Impresa”*  
*Cattedra di Strategie d’Impresa*

*Il ruolo dell’Internet of Things nella transizione verso un’economia  
sostenibile e circolare: analisi empirica di un caso studio*

***Relatore***

*Prof. Pietro De Giovanni*

***Correlatore***

*Prof. Enzo Peruffo*

***Candidato***

*Michele Corona - 739111*

**Anno Accademico 2021 – 2022**



# Indice

<b>1. Introduzione</b> .....	4
<b>2. Literature Review</b> .....	7
<b>2.1 Industria 4.0</b> .....	7
<b>2.2 Sostenibilità ambientale ed Economia Circolare</b> .....	9
<b>2.3 Il ruolo dell'Industria 4.0 nell'Economia Circolare</b> .....	11
<b>2.3.1 IoT come strumento per l'Economia Circolare</b> .....	13
<b>3. Metodologia</b> .....	17
<b>3.1 Il caso studio</b> .....	18
<b>3.2 Raccolta e analisi dei dati</b> .....	19
<b>4. Risultati empirici</b> .....	22
<b>4.1 Efficientamento energetico</b> .....	23
<b>4.2 Riduzione dello spreco di cibo</b> .....	25
<b>4.3 Estensione del ciclo di vita del macchinario</b> .....	26
<b>5. Discussione</b> .....	28
<b>5.1 Implicazioni Manageriali</b> .....	29
<b>6. Conclusioni</b> .....	31
<b>6.1 Limiti dello studio e consigli per le ricerche future</b> .....	32
<b>7. Bibliografia</b> .....	33

# 1. Introduzione

“Soddisfare i bisogni della generazione presente senza compromettere quelli della generazione futura”.

Al giorno d’oggi questa frase la conosciamo tutti e tutti ne riconosciamo l’importanza, soprattutto da quando siamo diventati maggiormente consapevoli delle catastrofiche e irreversibili conseguenze che l’agire umano può portare all’ambiente e al mondo in cui viviamo.

Nonostante stia avendo particolare risonanza in questo periodo, la suddetta definizione di sviluppo sostenibile è stata proposta nel 1987 nel rapporto “Our Common Future”, stilato dalla Commissione mondiale per l’ambiente e lo sviluppo del Programma delle Nazioni Unite per l’ambiente. Oggi il concetto di sostenibilità è un concetto cardine, anche grazie allo sforzo profuso dalla comunità internazionale attraverso iniziative quali, ad esempio, il Piano per la ripresa dell’Europa adottato dall’Unione Europea che prevede uno stanziamento di circa €1800 trilioni con l’obiettivo di “un’Europa più ecologica, digitale e resiliente” (Lichtenthaler, 2021).

Nelle parole del Piano per la ripresa dell’Europa è possibile identificare il secondo megatrend, fondamentale per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità prefissi, ossia la digitalizzazione. Il concetto di digitalizzazione si sviluppa nel contesto della così detta “Quarta Rivoluzione Industriale”, definita appunto Rivoluzione Digitale o Industria 4.0 che, durante gli anni del COVID-19, ha assunto un ruolo sempre più centrale (De Giovanni and Folgiero, 2022).

Tutti questi cambiamenti hanno avuto inevitabilmente un forte impatto anche all’interno delle imprese e nel modo in cui queste individuano le strategie da adottare. Sulla base di queste nuove esigenze le organizzazioni si stanno infatti focalizzando sempre di più sul perseguimento di obiettivi di sostenibilità, in particolare attraverso l’ausilio della digitalizzazione e dell’innovazione (Ippoliti et.al, 2020).

All’interno del megatrend della sostenibilità si è sviluppato di recente il concetto di Economia Circolare, che ha preso piede rapidamente a causa della sempre più sentita problematica legata alla scarsità di risorse e alla cattiva gestione delle stesse da parte di consumatori e imprese. Adottando un pensiero circolare le imprese passano da un modello lineare ad un modello di produzione “chiuso” – *closed loop* – con un conseguente risparmio di materie e un minor spreco di prodotti, che si traduce in un minore impatto ambientale (Maranesi and De Giovanni, 2020)

e quindi in una produzione più sostenibile (Geissdoerfer et. al, 2016). L'Economia Circolare, nata quindi con un presupposto principalmente economico, in breve tempo diventa “centrale per uno sviluppo realmente sostenibile che coniughi i bisogni economici con quelli ambientali e sociali” (Conti, 2021).

È nel contesto dell'Industria 4.0 che i concetti di sostenibilità e di Economia Circolare hanno potuto prendere piede in modo rapido. Infatti, la Rivoluzione Digitale si fonda sulle così dette Tecnologie dell'Informazione, come l'Internet of Things (IoT), che basano il loro funzionamento sul raccoglimento, elaborazione e utilizzo dei dati per dare la possibilità alle imprese di conseguire una maggiore efficienza e prendere decisioni più sostenibili (Khan et al., 2021).

È possibile pertanto affermare che i megatrends della sostenibilità e della digitalizzazione stanno decretando i più importanti cambiamenti nella società e nell'economia mondiale. Secondo Seele e Lock (2017) la digitalizzazione si pone oggi come *driver* per raggiungere la sostenibilità e la circolarità nelle organizzazioni. Per sopravvivere in questo contesto è però necessario che le imprese rivoluzionino il proprio modello di business e ricerchino nuovi modi di fare impresa in un'ottica sempre più green (De Giovanni, 2022).

Il legame sempre più stretto tra gli argomenti di sostenibilità, Economia Circolare e digitalizzazione ha ispirato il presente lavoro di ricerca. La prima parte del lavoro, incentrata sull'analisi della letteratura, si è posta l'obiettivo di analizzare i tre concetti nello specifico e ha permesso di individuare un tema che gli studi esistenti non hanno ancora affrontato, ossia il modo in cui le specifiche tecnologie dell'Industria 4.0 possono aiutare, e dunque favorire, la transizione verso un pensiero green e circolare. Partendo da questa carenza nella letteratura, con lo studio svolto sono state poste tre domande di ricerca:

1. *Quali soluzioni sostenibili possono essere ottenute tramite l'utilizzo dell'Internet of Things?*
2. *Quali obiettivi circolari permette di raggiungere l'implementazione della tecnologia dell'Internet of Things?”*
3. *Quali impatti ha l'implementazione dell'Internet of Things sul processo produttivo?*

Al fine di poter rispondere in maniera più esaustiva alle domande poste, si è quindi analizzato il caso studio di un'azienda operante nel settore della Grande Distribuzione Organizzata che in

questi ultimi anni ha adottato la tecnologia dell'Internet of Things proprio per rispondere ad un'esigenza sostenibile e che, dalla sua implementazione, ha potuto trarre importanti vantaggi.

La restante parte del lavoro è suddivisa in ulteriori cinque capitoli. Il secondo capitolo riguarda la Revisione della Letteratura, che ha il fine di analizzare i macro-argomenti della sostenibilità, dell'Economia Circolare e Internet of Things da un punto di vista accademico, attraverso la consultazione dei principali papers riguardanti tali argomenti. Il terzo capitolo mostra le metodologie utilizzate per il lavoro di ricerca empirica e, all'interno di essa, viene inserito il caso studio. Nel quarto capitolo vengono esposti i risultati emersi dal caso studio analizzato mentre nel quinto capitolo, nel quale vengono discussi i risultati, si risponde alle domande di ricerca individuate e vengono proposti dei suggerimenti ai manager che, leggendo il presente lavoro di ricerca, possano attivare dei meccanismi virtuosi e fare delle scelte che vadano sempre più nella direzione della sostenibilità. L'ultimo capitolo, infine, è dedicato alle conclusioni in cui, dopo un breve riassunto del lavoro svolto, vengono mostrate le sue limitazioni.

## 2. Literature Review

Il tema dell'Industria 4.0 è stato, ed è tuttora, al centro delle più recenti ricerche accademiche e, a causa della crescente preoccupazione per l'impatto che l'attività dell'uomo ha sull'ambiente, il dibattito si è concentrato negli ultimi anni sulle modalità attraverso cui le nuove tecnologie possono aiutare le imprese a perseguire obiettivi sostenibili. Partendo da questa esigenza nasce e si sviluppa il concetto di Economia Circolare, che sta ricevendo particolare attenzione proprio per gli obiettivi sostenibili che si pone e che possono essere facilmente integrati nel nuovo mondo, sempre più digitalizzato, in cui viviamo. Secondo Pellegrini et al (2018) infatti “grazie alla Quarta Rivoluzione Industriale, l'Economia Circolare può essere vista come un nuovo modello di business che va oltre la sostenibilità”.

L'obiettivo del presente capitolo è quindi quello di revisionare i principali contributi scientifici che trattano i temi della Industria 4.0, con un focus particolare sulla tecnologia dell'Internet of Things, e dell'Economia Circolare, per poi mostrare fino a che punto si è spinta la ricerca e individuare con precisione i gap di ricerca.

Per reperire gli articoli scientifici è stata utilizzata la piattaforma Scopus, in cui vengono pubblicati i più importanti giornali scientifici. La ricerca è stata condotta in lingua inglese e sono stati analizzati circa 40 articoli scientifici; mentre, per l'analisi della letteratura, sono stati utilizzati solo marginalmente articoli di giornale e contributi manageriali.

Ai fini dell'indagine sono state individuate le seguenti parole chiave: “Industry 4.0”, “Circular Economy”, “Sustainability”, “Digitalization”, “Digital”, “Technologies of Industry 4.0”, “Industry 4.0 and Circular Economy”, “IoT and Circular Economy”.

Durante il processo di ricerca sono stati posti dei limiti di tipo qualitativo; in particolare, sono stati presi in considerazione esclusivamente *papers* pubblicati negli ultimi cinque anni, in modo da analizzare solo le informazioni più recenti e avere così un quadro il più aggiornato possibile su una tematica in continua evoluzione.

### 2.1 Industria 4.0

Le Rivoluzioni Industriali fino ad ora vissute sono state tre (Cosci et al., 2019):

- La Prima Rivoluzione Industriale è iniziata nella seconda metà del ‘700 e più precisamente nell’anno 1784, ed ebbe come risultato la meccanicizzazione della produzione tramite l’uso dell’acqua e del vapore, creando la macchina a vapore.
- La Seconda Rivoluzione Industriale iniziò nel 1870 e si caratterizzò per l’introduzione della corrente elettrica, l’avvento del motore a scoppio e lo sviluppo della produzione di massa.
- La Terza Rivoluzione Industriale ebbe inizio nel 1969 con la nascita dei sistemi elettronici, lo sviluppo dei servizi IT e della produzione automatizzata.
- La Quarta Rivoluzione Industriale, denominata appunto anche Industria 4.0, è quella che stiamo vivendo oggi ed è tuttora oggetto di studio e continue analisi da parte dei ricercatori.

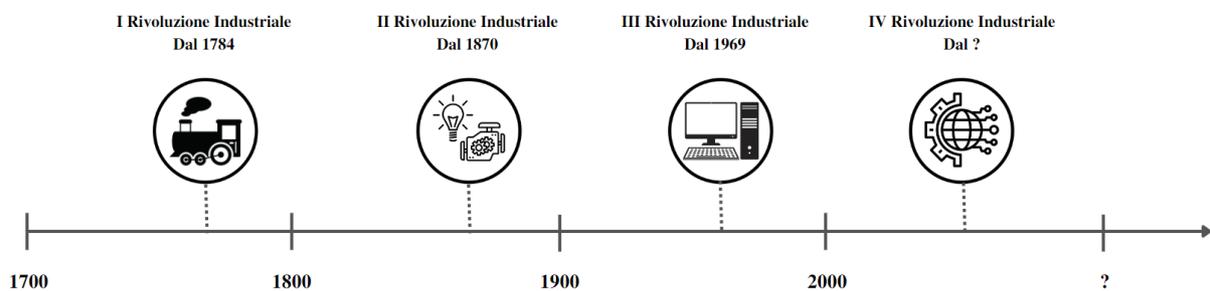


Figura 1: le rivoluzioni industriali nel tempo

La Quarta Rivoluzione Industriale non ha ancora una data di inizio ben identificabile, ma sappiamo che il termine fu coniato per la prima volta in Germania durante la fiera di Hannover del 2011 (Agarwal e Garg, 2022).

Gli studiosi hanno dato diverse definizioni del concetto di Quarta Rivoluzione Industriale; in questa ricerca viene presa come riferimento la definizione che ne ha dato Blunck (2017), secondo il quale l’Industria 4.0 può essere descritta come “la trasformazione digitale dell’industria manifatturiera accelerata dalla crescita esponenziale delle tecnologie come robot intelligenti, sensori, stampanti 3D, ecc.”.

Questa trasformazione digitale è guidata dai *data* e in particolare dai concetti di: “sistemi cyber-fisici” (*cyber-physical systems* o CPS), che si riferiscono all’integrazione dei sistemi computerizzati con le macchine fisiche (Demestichas e Daskalakis, 2020), Intelligenza Artificiale e Internet of Things. Grazie a queste nuove tecnologie è possibile creare un sistema integrato di macchinari intelligenti che comunicano tra loro e producono dati, i quali possono essere immagazzinati e analizzati per creare un network intelligente tra attività industriali,

migliorare la flessibilità dei processi, consentire l'integrazione degli attori coinvolti lungo la catena di fornitura e incrementare in questo modo la produttività, l'efficienza e la flessibilità delle imprese (Hoosain et al., 2020; Brag e Pretorius, 2020).

## **2.2 Sostenibilità ambientale ed Economia Circolare**

Secondo uno studio condotto nel 2019 dalle Nazioni Unite, entro il 2050 la popolazione mondiale arriverà a circa 10 miliardi di persone. La continua crescita demografica porterà ad un aumento della domanda, con conseguenze dannose e talvolta fatali per l'ambiente in cui viviamo: perdita di biodiversità, inquinamento dell'aria e dell'acqua ed esaurimento delle risorse naturali (Okorie et al., 2018). Tutti questi problemi non si limitano ad avere un impatto sull'ambiente, ma anche sulla società e l'economia dei paesi, con conseguenze quali l'accrescimento del tasso di disoccupazione, l'aumento della disuguaglianza economica, cattive condizioni di lavoro e instabilità economica e finanziaria (Geissdoerfer et al., 2016).

In tale situazione è evidente che non è più possibile per le imprese seguire il modello economico tradizionale – la così detta Economia Lineare – ma devono sviluppare nuovi modelli per operare in modo più efficiente, ridurre lo spreco incontrollato di risorse e raggiungere così una crescita sostenibile che, al contempo, riesca a soddisfare la domanda in continua crescita (Pagoropoulos et al., 2017).

Da queste esigenze nasce quindi il concetto di Economia Circolare (EC), un nuovo modello economico che si contrappone a quello di Economia Lineare. Quest'ultimo, infatti, non si coniuga con il nuovo pensiero sostenibile in quanto si basa sulla struttura “*take, make, dispose*” che partendo dall'estrazione delle materie prime passa alla realizzazione e all'utilizzo del prodotto finale e, infine, al suo smaltimento senza tenere però conto delle conseguenze legate da un lato allo sfruttamento incontrollato delle risorse naturali e dall'altro all'inquinamento ambientale che questo processo comporta (Hoosain et al., 2020).

Poiché non esiste una definizione univoca di Economia Circolare, il presente lavoro ne riprende una tra le più citate: quella proposta dalla Ellen McArthur Foundation (2013) che definisce l'EC come “un sistema industriale riparativo o rigenerativo per intenzioni e design. Sostituisce il concetto di fine vita con il ripristino [...] e mira all'eliminazione dei rifiuti attraverso una progettazione superiore di materiali, prodotti, sistemi e, all'interno di questo, modelli di business”

Nonostante le definizioni proposte dai ricercatori siano molteplici, la maggior parte degli autori concorda sul fatto che il concetto di Economia Circolare ruoti intorno al *framework* delle 3R, ossia “Ridurre, Riutilizzare e Riciclare” chiamato anche “Strategia di Fine Vita” in quanto si concentra sul ripristino del valore dei prodotti che si trovano al termine della vita normalmente considerata “utile” (Cwiklicki e Wojnarowska, 2020; Uçar et al., 2020). L’importanza assunta dal concetto di EC e il conseguente lavoro di ricerca portato avanti negli anni hanno fatto sì che il framework si ampliasse, passando dal concetto di 3R a quello di 6R (Ridurre, Riutilizzare, Riciclare, Riparare, Riprogettare, Ricostruire) fino ad arrivare a 10R (Rimpiazzare, Ripensare, Ridurre, Riutilizzare, Riparare, Rinnovare, Ricostruire, Riutilizzare, Riciclare e Recuperare), interessando così l’intero il ciclo di vita del prodotto (Khan et al., 2021).



Figura 2: Economia Lineare ed Economia Circolare (Okorie et al., 2018)

La Figura 2 mostra la finalità dell’EC, ossia quella di chiudere il ciclo di produzione e consumo. La parola “Circolare” sta quindi ad indicare che il processo con il quale i prodotti vengono fabbricati e venduti ai clienti finali non termina con lo smaltimento dei prodotti inutilizzati, ma si procede con il loro reinserimento all’interno del ciclo per poter essere rigenerati, rendendoli così riutilizzabili (Schlüter et al., 2021).

L’Economia Circolare pone un focus particolare sulla gestione dei rifiuti i quali, da semplici scarti, diventano input per un nuovo ciclo di produzione dando nuova vita ai prodotti che si trovano nella cosiddetta fase di “fine vita” e riducendo di conseguenza il consumo di materie prime (Gupta et al., 2019).

La letteratura esistente ha cercato di individuare le principali caratteristiche chiave dell'EC. Dagli studi di Demestichas e Daskalakis, (2020) e di Di Maria et al. (2020) sono emersi alcuni vantaggi derivanti dall'adozione del pensiero circolare, che possono essere riassunti nei seguenti tre punti:

- Riduzione dell'utilizzo delle materie prime;
- Mantenimento del più alto valore dei prodotti, componenti e materiali per un periodo di tempo maggiore;
- Riduzione degli sprechi di materie prime legati al ciclo di produzione.

I vantaggi legati all'applicazione dell'Economia Circolare non si limitano quindi alla mera sfera ambientale ma riguardano anche quella economica; un contributo della Ellen MacArthur Foundation (2015) afferma che se le imprese operanti nei principali settori economici applicassero il pensiero circolare si registrerebbe un incremento dell'11% nel PIL europeo.

### **2.3 Il ruolo dell'Industria 4.0 nell'Economia Circolare**

Nonostante la maggior parte degli studi condotti fino ad oggi analizzi i concetti di Economia Circolare e Industria 4.0 separatamente, è invece sempre più evidente che essi possono (e in certi casi devono) essere visti attraverso una prospettiva integrata.

Le problematiche ambientali, in particolare quelle legate alla scarsità di risorse, rendono necessaria la transizione da un Business Model Lineare ad uno Circolare, il *Circular Business Model* (CBM). Il CBM descrive il modo in cui un'organizzazione crea, cattura e trasferisce valore ai clienti in un'ottica di circolarità, utilizzando a tal fine materiali e prodotti altrimenti destinati allo smaltimento (Hina et al., 2021).

Gli studi di Huynh (2022) suggeriscono che per poter garantire una proposta di valore basata sui concetti di riutilizzo e riciclo, i CBM devono fare affidamento sulle nuove tecnologie digitali nate proprio durante la Quarta Rivoluzione Industriale.

Le nuove tecnologie digitali infatti presentano grandi potenzialità in termini di sostenibilità, come la possibilità di tracciare i prodotti e monitorarne le condizioni nella fase post-produzione, che le rendono lo strumento fondamentale attraverso cui poter attuare la transizione verso l'EC (Uçar et al., 2020).

Lo studio di Antikainen et al. (2018) conferma che ciò che rende possibile l'integrazione tra i due concetti sono i dati e le informazioni che vengono scambiate tra i vari prodotti, che grazie ad una serie di sensori diventano "intelligenti" e connessi tra loro, permettendo non solo una riduzione dell'utilizzo delle risorse, ma anche un miglioramento del design del prodotto, un allungamento della loro vita utile e un'ottimizzazione del loro utilizzo.

Le tecnologie di elaborazione dei dati, come vengono denominate nello studio di Di Maria et al. (2020), permettono ai prodotti e macchinari di scambiarsi informazioni all'interno dei confini dell'impresa ma anche di ampliare il flusso di informazioni a tutto l'ecosistema aziendale, creando un network fondamentale per riuscire a "chiudere il cerchio".

Le tipologie di informazioni che vengono fornite dai prodotti intelligenti, come mostra un report della Ellen MacArthur Foundation del 2016, sono principalmente tre:

- a. Localizzazione in tempo reale dei prodotti;
- b. Condizioni del prodotto e performance;
- c. Disponibilità (proprietà del prodotto, utilizzo e domanda).

L'analisi delle informazioni assume particolare importanza nel processo decisionale dei manager che, grazie ai dati predittivi che le tecnologie digitali sono in grado di fornire, possono riadattare, in tempo reale, le strategie in funzione delle nuove esigenze di sostenibilità (Malahat e Ari, 2020). In particolare, secondo Pellegrini et al. (2018), i prodotti intelligenti permettono di adottare quattro diverse strategie circolari:

1. Recupero degli asset e dei prodotti: prevede il recupero di risorse ancora utilizzabili ma che sarebbero normalmente scartate. Questa strategia, attraverso il reinserimento di prodotti e asset utilizzati in nuovi cicli economici riduce lo spreco di materiali e aumenta l'efficienza produttiva;
2. Scambio: consiste nella sostituzione dei vecchi prodotti e tecnologie con altri più innovativi che assicurano una minore usura legata all'utilizzo e una riduzione dei costi di produzione e degli sprechi;
3. Estensione del ciclo di vita del prodotto: questa strategia viene perseguita attraverso la riparazione e il ripristino dei materiali e prodotti che si trovano nella fase di "fine vita" in modo da ripristinarne il valore iniziale ed evitare il loro smaltimento dopo l'utilizzo;
4. Prodotto come servizio: prevede un'alternativa al classico modello di acquisto dei prodotti e, in particolare nel corso degli ultimi anni, sta avendo molta diffusione. I prodotti non vengono acquistati dai consumatori, che quindi non ne detengono la

proprietà, ma vengono offerti dalle aziende come servizi; questo ne aumenta la vita utile e permette anch'esso una riduzione dei costi.

### **2.3.1 IoT come strumento per l'Economia Circolare**

Nel contesto della Quarta Rivoluzione Industriale l'Internet of Things, grazie alla capacità di migliorare l'efficienza produttiva e massimizzare la vita utile dei prodotti, sta diventando un fattore fondamentale per rendere più rapida la transizione verso l'Economia Circolare, (Awan et al., 2020; Hofmann et al., 2021).

Il concetto di IoT deve il suo nome a Kevin Ashton, che coniò il termine nel 1999 per indicare le tecnologie che basano il loro funzionamento sulle radio frequenze (Beliatis et al., 2019).

L'Internet of Things viene definito come un insieme di dispositivi che utilizzano una serie di sensori per connettersi tra loro, comunicare e scambiarsi informazioni con il fine di raggiungere un obiettivo comune (Naclerio and De Giovanni, 2022; Mbolli et al., 2019; Antikainen et al., 2018). La caratteristica principale di questa tecnologia è quindi quella di essere composta da dispositivi indipendenti che, tramite la creazione di un network, diventano intelligenti e interconnessi (Bressanelli et al., 2018).

L'IoT quindi conferma la centralità del ruolo dei data per adottare strategie più sostenibili e iniziare un percorso di avvicinamento verso il pensiero circolare, considerando l'intero ecosistema e elaborando opportuni incentivi alla circolarità (De Giovanni, 2016).

Secondo Ingemarsdotter et al. (2020) per fare questo le imprese dovranno sviluppare una "maturità digitale" che le permetta di creare valore dai dati, in modo che i decisori abbiano disposizione una serie di informazioni in tempo reale utili per prendere decisioni più sostenibili.

L'analisi dei contributi di Bressanelli et al. (2018) e di Ertz et al. (2022) ha portato all'individuazione di ulteriori vantaggi che l'adozione dell'IoT può portare alle imprese; tra questi:

- Miglioramento del design di prodotto: tramite il monitoraggio delle attività del prodotto, le imprese possono studiare le abitudini di utilizzo dei consumatori. Questo porta a creare un prodotto che risponda maggiormente alle esigenze degli utilizzatori grazie ad un'analisi predittiva;

- Controllo da remoto: i produttori possono tenere sempre sotto controllo le condizioni dei prodotti, la loro localizzazione e l'utilizzo che ne viene fatto. Queste funzionalità permettono di agire sui prodotti da riparare o sostituire in modo rapido ma anche di creare prodotti che possono essere condivisi tra più consumatori: ad esempio, nel bike sharing o nel car sharing i clienti possiedono informazioni sulla localizzazione e la disponibilità dei mezzi, utilizzando quelli disponibili e più vicini a dove si trovano, mentre i fornitori del servizio hanno la possibilità di agire in tempo reale nel caso in cui un mezzo presenti problemi.

È evidente che i vantaggi derivanti dall'utilizzo dell'IoT si ripercuotono sui comportamenti sostenibili delle imprese.

Il miglioramento del design di prodotto non permette solo di soddisfare più efficacemente le richieste dei consumatori, ma anche di creare dei prodotti che durino più a lungo; l'analisi condotta da Kristoffersen et al. (2020) mostra come l'IoT possa fornire consigli ai consumatori su come utilizzare i prodotti per estenderne il ciclo di vita e ridurre in modo considerevole l'utilizzo ingiustificato di risorse. Allo stesso modo, la condivisione dei prodotti, oltre ad offrire un servizio ai clienti, fa sì che lo stesso prodotto venga utilizzato da più consumatori occasionali (De Giovanni, 2019), eliminando buona parte dei rifiuti dovuti allo smaltimento dei prodotti inutilizzati (Gupta et al., 2019).

L'Internet of Things sta quindi assumendo un ruolo sempre più centrale nella transizione non solo verso un'economia che miri a ridurre l'impatto ambientale delle imprese, ma anche verso l'Economia Circolare, riprendendo e superando, proprio grazie alle sue funzionalità, le importanti problematiche legate alla riduzione dei rifiuti, al riutilizzo delle risorse, e alla rigenerazione dei prodotti.

Ciononostante, la letteratura esistente si concentra principalmente sul tema dell'Industria 4.0, tralasciando il ruolo che le singole tecnologie hanno nel raggiungimento di un pensiero sostenibile e circolare all'interno delle imprese.

Il lavoro di analisi della letteratura condotto sulla piattaforma Scopus ha mostrato come attualmente il tema dell'integrazione fra i concetti di Sostenibilità, Economia Circolare e Industria 4.0 sia sempre più dibattuto tra gli studiosi di business; al contrario, limitando la ricerca alle parole chiave "Internet of Things", "Sustainability" e "Circular Economy", i contributi si riducono notevolmente e nessuno di essi si concentra su come l'IoT possa

concretamente aiutare le organizzazioni ad attuare una transizione verso una filosofia sostenibile e circolare.

Partendo da queste considerazioni, il presente elaborato vuole analizzare nello specifico proprio questa integrazione, partendo dalla seguente domanda di ricerca:

*RQ1: “Quali soluzioni sostenibili possono essere ottenute tramite l’utilizzo dell’Internet of Things?”*

La letteratura esistente ha dimostrato la particolare risonanza che il concetto di Economia Circolare sta avendo negli ultimi tempi; è stato dimostrato che un pensiero circolare applicato all’innovazione potrebbe permettere alle aziende di ottenere dei risultati importanti in termini di sostenibilità aziendale e, di conseguenza, impattare anche sull’economia in generale.

Ciò che si vuole indagare, e che fino ad ora non è stato analizzato nello specifico, è come una specifica tecnologia possa aiutare ad ottenere gli obiettivi circolari che teoricamente sarebbe possibile conseguire. A tal fine, la seconda domanda di ricerca che lo studio si pone è la seguente:

*RQ2: “Quali obiettivi circolari permette di raggiungere l’implementazione della tecnologia dell’Internet of Things?”*

Gli studi che analizzano le funzionalità e le potenzialità dell’Internet of Things, tra i quali è possibile citare quello di Antikainen et al. (2018), evidenziano come l’applicazione della nuova tecnologia per il perseguimento di obiettivi sostenibili non porti esclusivamente a un cambiamento nell’output generato dalle imprese, ma anche come nel modo in cui questo viene generato. In particolare, le aziende che utilizzano l’IoT rivedono il loro modo di fare business e di organizzare le attività lavorative, sperimentando dei cambiamenti nelle attività in cui la nuova tecnologia viene applicata. Per analizzare questo cambiamento, è stata individuata la seguente, e ultima, domanda di ricerca:

*RQ3: “Quali impatti ha l’implementazione dell’Internet of Things sul processo produttivo?”*

Partendo quindi da una domanda di ricerca più generale, che intende mostrare quali sono gli impatti della nuova tecnologia studiata sui comportamenti sostenibili delle imprese, si passa in un secondo momento ad analizzare gli obiettivi circolari ottenibili grazie all’IoT,

approfondendo altresì il tema dell'Economia Circolare e della transizione delle imprese verso quest'ultima. Infine, lo studio si pone l'obiettivo di analizzare quali sono le conseguenze che la transizione verso un Circular Business Model ha sul processo produttivo, individuando in particolare come cambia il modo di operare grazie alle macchine intelligenti.

Per trovare una risposta alle domande individuate è stata condotta l'analisi di un caso studio, che mostra come un'impresa operante nel settore della Grande Distribuzione Organizzata ha implementato la tecnologia IoT per raggiungere non solo dei traguardi economici ma soprattutto sostenibili, in linea con i principi cardine esposti durante l'analisi del concetto di EC.

L'elaborato quindi vuole colmare i gap esistenti nella letteratura, offrendo una panoramica su come possano essere integrati i concetti di Sostenibilità, Economia Circolare e Internet of Things.

### 3. Metodologia

L'analisi della letteratura ha posto le basi per capire quali sono, al giorno d'oggi, le nuove esigenze legate ai temi della sostenibilità e dell'innovazione nelle imprese. Il lavoro di revisione ha permesso di ottenere informazioni riguardo i temi dell'Economia Circolare e dell'Industria 4.0, ma anche di individuare le attuali mancanze nella letteratura e, di conseguenza, formulare una domanda di ricerca, alla quale l'elaborato si prefigge di rispondere.

Per rispondere alla domanda di ricerca, si è deciso di adottare un approccio di tipo qualitativo che si basasse sull'analisi di un caso studio. Questa tipologia di analisi è stata scelta principalmente per due motivi: in primo luogo, come evidenzia la revisione della letteratura, non esistono precedenti contributi o studi sui quali poter basare un lavoro di ricerca che risponda alla domanda individuata; il secondo motivo deriva dall'esigenza riscontrata da diversi studiosi, tra i quali Laskurain-Iturbe et al. (2021), che indicano come la ricerca empirica sia necessaria per apportare un contributo esaustivo su temi complessi e ancora poco approfonditi.

L'approccio empirico si spinge oltre i confini del presente studio; infatti, l'analisi del caso ci permette da un lato di apportare un contributo concreto alla letteratura, mostrando il modo in cui le imprese si stanno comportando nel processo di transizione verso l'Economia Circolare grazie all'utilizzo del digitale, e dall'altro di individuare ulteriori gap per orientare le ricerche future che intendono analizzare tali temi.

Per essere in linea con gli obiettivi dell'elaborato, la fase di ricerca dell'azienda da analizzare ha tenuto conto di tre criteri fondamentali:

- i. l'azienda doveva aver adottato la tecnologia dell'Internet of Things in uno dei suoi prodotti o processi per avvicinarsi ai principi dell'Economia Circolare;
- ii. l'azienda doveva aver adottato tale tecnologia di recente, in modo che si potesse avere un quadro più coerente del comportamento di un'impresa nel momento della transizione verso l'Economia Circolare;
- iii. il settore di riferimento doveva essere particolarmente sensibile alle tematiche legate al consumo e allo spreco di risorse.

Sulla base di questi criteri, è stata individuata un'azienda che lavora nel settore della grande distribuzione organizzata (GDO): il Gruppo Isa S.p.A.

### **3.1 Il caso studio**

Il Gruppo ISA (acronimo di Industria Servizi Agroalimentari) è un'azienda operante da oltre 40 anni in Sardegna nel settore della distribuzione organizzata, con sede a Villacidro.

La Isa è uno dei principali partner del gruppo Vegè e, nel sistema economico della Regione, si colloca al primo posto per fatturato e dipendenti.

Il fulcro dell'organizzazione è la ISA S.p.A., società di distribuzione di prodotti agroalimentari con una piattaforma di circa 70.000 mq. Con una presenza capillare in tutta la regione dispone di una importante rete di vendita e rifornisce oltre 2000 clienti operanti nel commercio al dettaglio, di cui oltre 400 affiliati; è proprietaria di oltre trenta punti di vendita diretti tra Supermercati e Ipermercati e gestisce diversi centri commerciali.

Il punto vendita oggetto della seguente analisi appartiene alla categoria degli Iper Nonna Isa, ovvero dei superstore e ipermercati con metratura che va dai 1500 ai 5000 m<sup>2</sup>.

Per il punto vendita in oggetto, nel 2020 è stato effettuato un investimento con l'implementazione di un impianto di controllo del freddo alimentare che sfrutta la tecnologia dell'Internet of Things per mantenere gli alimenti entro precisi valori di temperatura, ma anche per consentire di raggiungere importanti risultati in termini di efficientamento energetico e massimizzazione della vita utile dei macchinari impiegati nella refrigerazione dei prodotti alimentari.

L'esigenza di utilizzare macchinari intelligenti nei punti vendita nasce da alcune problematiche che tutte le aziende della Grande Distribuzione Organizzata stanno affrontando ormai da diversi anni. La prima tematica riguarda il consumo di energia che caratterizza il settore oggetto di esame: secondo uno studio condotto da Carrefour, la GDO contribuisce per circa il 4% sul totale dei consumi energetici nazionali. All'interno dei supermercati, i sistemi refrigeranti consumano la maggior quantità di energia elettrica, poco meno del 40% del totale.

Una seconda problematica legata al settore della GDO è quella degli scarti alimentari. Secondo uno studio condotto dall'Eurostat nel 2020, circa il 20% del cibo prodotto ogni anno viene sprecato; il settore retail contribuisce a questo spreco per il 13% e tra le principali cause la Commissione Europea nel 2022 ha individuato: la bassa qualità del cibo percepita dai

consumatori, l'estetica dei prodotti (e in particolare di quelli facilmente deperibili come frutta e verdura) e l'inadeguatezza dei sistemi di trasporto e conservazione dei prodotti (es. la temperatura dei refrigeratori).

Il nuovo impianto di controllo del freddo implementato dall'azienda oggetto di studio cerca di superare queste problematiche grazie all'utilizzo dell'Internet of Things per raggiungere la massima efficienza energetica ed allo stesso tempo evitare che gli shock termici o la permanenza dei prodotti alimentari a temperature non consone alterino le proprietà organolettiche dei prodotti, compromettendone dunque la qualità.

L'impianto riprende quindi il concetto di Internet of Things esposto da Mboli et. al. (2019) e Antikainen et al. (2018), citato nella Literature Review: il sistema può essere infatti definito come un impianto, in quanto caratterizzato da un insieme di macchine (banchi frigo, celle frigorifere, centrale frigorifera, ecc.) dotate di alimentazione elettrica e funzionalità proprie, ma che concorrono al raggiungimento di un determinato obiettivo.

### **3.2 Raccolta e analisi dei dati**

Successivamente all'analisi della letteratura, come anticipato, si è passati alla ricerca empirica dei dati, la quale si è suddivisa in tre momenti principali:

- Interviste semi-strutturate;
- Analisi di documenti e report rilasciati dall'azienda;
- Visite in sede per l'osservazione diretta del funzionamento dei macchinari.

La raccolta dei dati si è fondata principalmente sulle interviste semi-strutturate. Questa modalità di intervista si è preferita rispetto alle altre tipologie poiché permette di ottenere delle risposte riguardo tematiche ben specifiche, ma al contempo permette all'intervistato di rispondere liberamente alle domande poste e approfondire i temi che ritiene più significativi. Gli intervistati sono stati individuati utilizzando un approccio di tipo intenzionale, identificando specifiche figure all'interno dell'azienda che avessero delle conoscenze mirate sulle nuove tecnologie applicate e una visione complessiva della strategia attuata e delle motivazioni che hanno portato all'implementazione della tecnologia oggetto di studio.

Attraverso la guida dell'intervistatore, è stato possibile indirizzare l'intervista affinché i contributi dati dagli intervistati fossero utili per rispondere alla domanda di ricerca posta dal presente elaborato e superare in questo modo i gap individuati.

<b>Ruolo intervistato</b>	<b>Strumento utilizzato</b>	<b>Durata intervista</b>
Amministratore	Zoom	60 minuti
Manager	Zoom	52 minuti
Tecnico 1	Zoom	47 minuti
Tecnico 2	Zoom	51 minuti
Direttore punto vendita	Zoom	45 minuti
Responsabile vendite	Zoom	46 minuti

*Tabella 1: panoramica delle interviste*

Le domande rivolte agli intervistati si sono divise in due macrogruppi:

- **Domande introduttive:** l'obiettivo di queste domande è stato quello di introdurre l'argomento all'intervistato e farlo sentire a suo agio. Alcuni esempi di domande introduttive sono: che importanza ha la tutela dell'ambiente per la vostra impresa? Che ruolo ha la tecnologia nel Gruppo?
- **Domande specifiche:** sono domande più mirate che hanno il fine di spiegare in maniera specifica il comportamento adottato dall'azienda durante il processo di transizione e trarre conclusioni riguardo il tema che si sta affrontando. Alcuni esempi di domande specifiche sono: quali sono state le principali motivazioni che hanno portato a adottare l'IoT in azienda? L'implementazione dell'IoT ha creato una maggiore apertura verso le nuove tecnologie? I nuovi macchinari intelligenti hanno avuto un impatto positivo sul mindset circolare dell'azienda?

Le interviste, di una durata compresa tra i 45 e i 60 minuti ciascuna, sono state condotte tramite la piattaforma Zoom e l'audio è stato registrato. Le registrazioni sono poi state utilizzate in un secondo momento per estrapolare con maggiore precisione le evidenze più utili ai fini dell'indagine. I contributi degli intervistati sono stati incrociati con i dati presenti nei report aziendali e con quelli raccolti durante le visite al punto vendita.

L'analisi dei dati ha permesso di ottenere informazioni riguardanti il modo in cui le imprese stanno affrontando il cambiamento dettato dalla nuova rivoluzione tecnologica e di come l'IoT possa rappresentare uno strumento fondamentale nel raggiungimento degli obiettivi circolari.



*Figura 3: Processo metodologico seguito per la ricerca*

## 4. Risultati empirici

Dall'analisi condotta sul caso studio è emerso come l'impresa abbia tratto effettivi vantaggi dall'implementazione dell'Internet of Things e quali impatti questa tecnologia ha sull'ambiente e sulla sostenibilità anche dal punto di vista economico finanziario.

Le testimonianze offerte dagli intervistati hanno permesso di confermare l'importanza della tecnologia studiata per l'impresa, come mostrano le dichiarazioni rese dall'amministratore delegato:

*“In un mondo in continua evoluzione e in cui la tecnologia gioca sempre più un ruolo strategico, adottare l'Internet of Things rappresenta per le aziende della GDO il migliore investimento per far fronte ad una serie di criticità nel processo produttivo le cui soluzioni hanno un forte impatto socio-ambientale che va al di là della convenienza economica.”*

*(Amministratore Gruppo Isa)*

L'analisi approfondita delle risposte date dagli intervistati e dei documenti aziendali inerenti all'utilizzo dei sistemi intelligenti all'interno dell'azienda ha fatto emergere significative evidenze ai fini della nostra indagine e dato un importante contributo per lo sviluppo del tema trattato.

In particolare, si è dimostrato che l'azienda, proprio tramite l'implementazione della nuova tecnologia, ha potuto perseguire, considerando il settore di appartenenza, almeno i tre principali obiettivi sostenibili:

- Efficientamento energetico
- Riduzione dello spreco di cibo
- Estensione del ciclo di vita dei macchinari

I responsabili dell'ufficio tecnico del Gruppo Isa confermano che i nuovi investimenti in tecnologia hanno fatto registrare un concreto miglioramento delle prestazioni dell'impianto incidendo in maniera importante e diretta su tutti i punti sopra indicati.

Ciascun obiettivo viene analizzato e approfondito nel presente capitolo attraverso l'esposizione dei risultati emersi dall'analisi; viene messo in evidenza il punto di vista delle persone intervistate all'interno dell'azienda riportando letteralmente le loro affermazioni; in questo

modo è infatti possibile comprendere compiutamente il sentimento che porta un'azienda ad adottare una delle principali tecnologie dell'Industria 4.0 per la transizione verso un'economia green.

#### **4.1 Efficientamento energetico**

L'energia elettrica è una risorsa che incide in modo sostanziale nelle attività della Grande Distribuzione Organizzata, essendo utilizzata all'interno dei supermercati per diversi scopi (illuminazione, centrali frigo, condizionamento, ecc.); la maggior incidenza e i maggiori consumi, come emerso durante l'intervista al tecnico del Gruppo Isa, si hanno però in specifici settori e, in particolare, nell'alimentazione della linea del freddo, le celle frigo e banchi espositivi dei prodotti freschi, ossia i banchi frigo. Questi macchinari contengono al loro interno i prodotti freschi e i surgelati che essendo facilmente deperibili necessitano evidentemente di un flusso costante di aria fredda, 24 ore su 24, in modo che gli alimenti possano conservare le loro qualità anche organolettiche e siano quindi vendibili (intervista al responsabile vendite Gruppo Isa).

In quest'ottica l'automazione, in particolare quella basata sull'Internet of Things (IoT), gioca un ruolo determinante in quanto consente appunto un efficace controllo degli impianti di un punto vendita o di più punti vendita in maniera centralizzata.

È evidente quindi che le imprese che operano in tale segmento di mercato sono sempre più propense ad agire seguendo una filosofia più sostenibile, ricercando quelle modalità che permettano loro di garantire sempre la qualità dei prodotti venduti e, allo stesso tempo, ridurre il consumo di energia elettrica.

Proprio in questa direzione si sta muovendo il Gruppo Isa, che negli ultimi anni si è orientata verso un pensiero sempre più green.

Le parole di un manager rilasciate durante l'intervista sottolineano quella che è stata una delle motivazioni dietro l'implementazione dell'IoT in azienda:

*“I nuovi investimenti negli impianti frigo ad alta tecnologia e quindi più performanti ha comportato un'ottimizzazione dei consumi energetici con conseguente importante risparmio nella gestione dei vettori di energia”*

*(Manager Gruppo Isa)*

Il Gruppo Isa, in questi anni, ha infatti implementato un sistema di refrigeratori che sfrutta la tecnologia dell’IoT con l’obiettivo di ridurre lo spreco di energia elettrica grazie all’utilizzo di algoritmi di analisi e confronto. Da un’osservazione empirica del funzionamento degli impianti di controllo intelligenti del freddo è stato rilevato che questi, grazie ad una rete internet, comunicano tra loro e inviano informazioni ad una piattaforma, dalla quale è possibile monitorare istantaneamente i consumi e agire su specifici parametri per distribuire il flusso energetico in modo efficiente e adattarlo sulla base delle diverse esigenze che caratterizzano i vari momenti della giornata. Tramite la piattaforma di controllo è possibile monitorare non solo i consumi di un singolo impianto, ma di tutti quelli che si trovano nel supermercato e, implementando la tecnologia anche in altri punti vendita, si può avere una visione di insieme sui consumi in un’unica interfaccia e analizzare l’andamento dei singoli per ottimizzarne i consumi.

Controllo e gestione dei consumi	Ottimizzazione pressione aspirazione	Propagazione punto di rugiada
 <p>Permette all’utente di monitorare i consumi energetici dell’impianto attraverso grafici e report, per poter quindi intraprendere attività mirate a ridurre sprechi o anomalie da questi evidenziate.</p>	 <p>Permette di ottimizzare in tempo reale il set-point di lavoro della centrale frigo, riducendone quindi i consumi, attraverso l’analisi del ciclo di lavoro dei banchi frigo collegati ad essa. In funzione della richiesta di freddo dei banchi frigo, il plug-in incrementa o decrementa il set-point della centrale.</p>	 <p>Permette di ottimizzare l’attivazione delle resistenze anti-appannamento delle utenze frigorifere interconnesse e quindi abbassarne i consumi. Connesso ad una sonda di temperatura e umidità, il sistema calcola il punto di rugiada dell’acera e lo invia a tutta la rete di banchi frigoriferi.</p>

Tabella 2: caratteristiche dell’efficientamento energetico negli impianti di controllo del freddo

La nuova tecnologia adottata dal Gruppo Isa ha portato significativi miglioramenti anche in termini numerici; le evidenze empiriche suggeriscono che l’IoT ha avuto un impatto significativo in termini di efficientamento energetico già dal primo anno successivo alla sua implementazione.

Secondo il direttore del punto vendita oggetto di analisi, “*i consumi energetici del punto vendita sono diminuiti di circa il 15% in termini di volume e hanno avuto una ricaduta positiva anche in termini economici*”.

## 4.2 Riduzione dello spreco di cibo

Durante l'intervista all'amministratore del Gruppo si è posto in evidenza un secondo obiettivo che l'azienda, e in particolare l'ipermercato oggetto di analisi, è riuscito ad ottenere grazie all'IoT: la riduzione dello spreco di cibo. Queste le parole dell'intervistato:

*“Una delle funzioni maggiormente impattanti sul processo produttivo è stata proprio quella di consentire un monitoraggio in tempo reale e con automatismi intelligenti sul principale problema delle aziende della distribuzione alimentare riducendo considerevolmente lo spreco di cibo altrimenti destinato al macero”*

*(Amministratore Gruppo Isa)*

Lo studio sul funzionamento della tecnologia implementata ha messo in evidenza il principale strumento tramite il quale è stato possibile raggiungere questo obiettivo circolare: i dati.

Come ha mostrato la letteratura, i dati sono il motore che fa muovere le tecnologie dell'Industria 4.0 e il caso analizzato ha dimostrato la loro importanza per l'Economia Circolare; grazie ai dati che vengono inviati dai banchi frigo attraverso la connessione ad una rete internet, infatti, è possibile monitorare e agire su una moltitudine di parametri operativi, quali la temperatura di lavoro, la temperatura di sbrinamento, i parametri di umidità, ecc.

Il controllo da remoto, altra caratteristica fondamentale dell'IoT che verrà ripresa più nel dettaglio nel successivo paragrafo, rende inoltre ancora più utile l'utilizzo dei dati, in quanto permette il monitoraggio di eventuali variazioni dai valori normali e consente di intervenire per mantenere inalterate le condizioni degli alimenti deperibili.

Le più efficienti funzionalità dei nuovi banchi frigo hanno avuto un importante riscontro sulla riduzione dello spreco di cibo nel punto vendita, come affermato dal direttore:

*“Potendo intervenire in tempo reale in caso di malfunzionamento o cali di temperature, sui freschi abbiamo registrato nel 2021 un dato significativamente positivo con una riduzione degli scarti di circa il 30% , che in termini di valore si aggira intorno ai 150mila euro”*

*(Direttore punto vendita Nonna Isa)*

### 4.3 Estensione del ciclo di vita del macchinario

Dall'analisi dei documenti aziendali si è potuto dimostrare un concetto anticipato in letteratura nel 2018 da Bressanelli et al., ossia che l'estensione del ciclo di vita dei prodotti (e nel nostro caso degli impianti frigo del punto vendita) ruota intorno ad un concetto cardine dell'Economia Circolare: il controllo da remoto.

L'IoT implementato in azienda infatti, permette di creare un network composto da un insieme di refrigeratori che inviano dati al cloud nel quale vengono immagazzinate le informazioni relative allo stato di funzionamento dei macchinari e registrate eventuali anomalie e cali di performance; queste informazioni vengono trasferite in tempo reale ad un centro di assistenza operativo 24 ore su 24 7 su 7 che agisce tempestivamente in caso di problemi e attiva programmi di manutenzione programmata.

Indice di performance	Ottimizzazione pressione aspirazione	Propagazione punto di rugiada
<p>Permette di analizzare il comportamento termodinamico delle singole unità connesse al sistema, definendone per ognuna le soglie minime e massime di condizioni operative per differenti variabili, ottenendone dei report che identificano quali unità lavorano al di fuori delle condizioni ottimali.</p> 	<p>Permette di ottimizzare in tempo reale il set-point di lavoro della centrale frigo, riducendone quindi i consumi, attraverso l'analisi del ciclo di lavoro dei banchi frigo collegati ad essa. In funzione della richiesta di freddo dei banchi frigo, il plug-in incrementa o decrementa il set-point della centrale</p> 	<p>Permette di ottimizzare l'attivazione delle resistenze anti-appannamento delle utenze frigorifere interconnesse e quindi abbassarne i consumi. Connesso ad una sonda di temperatura e umidità, il sistema calcola il punto di rugiada dell'aria e lo invia a tutta la rete di banchi frigoriferi.</p> 

Tabella 3: potenzialità dell'IoT nella gestione della manutenzione e delle anomalie

Il vantaggio dell'utilizzo l'IoT deriva dal fatto che è possibile visualizzare in un'unica interfaccia lo stato di funzionamento di tutti i macchinari intelligenti e averne uno storico, ricevendo degli *alert* in caso di guasto o malfunzionamento del sistema.

Queste funzioni hanno permesso al Gruppo Isa di estendere la vita utile degli impianti frigo presenti nei propri punti vendita. Grazie ad un tempestivo intervento rispetto alle problematiche che si presentano e con una più efficace programmazione delle attività di manutenzione, i macchinari possono mantenere un elevato standard di performance per un tempo maggiore.

L'analisi empirica in effetti ha fatto emergere chiaramente come proprio questo traguardo sia stato quello più significativo, come evidenziato durante l'intervista dal tecnico del Gruppo Isa:

*“Gli interventi di manutenzione si sono ridotti praticamente a zero perché il controllo è totalmente automatizzato e gestito in remoto. Ogni punto vendita prima doveva provvedere fisicamente al controllo degli impianti mentre ora lo facciamo praticamente in automatico da remoto e interveniamo prima che il problema sia troppo grave”*

*(Tecnico Gruppo Isa)*

Il perseguimento di questo obiettivo è tanto più importante e strategico se consideriamo che da esso derivano anche i primi due obiettivi individuati. In particolare, i codici di allarme che provengono dai macchinari e, più in generale, la possibilità di controllare da remoto tutti i banchi frigo del punto vendita, permette all'azienda non solo di risolvere le problematiche legate al funzionamento dei macchinari, ma anche quello di studiare lo storico dei dati raccolti per:

- Migliorare l'efficienza dei sistemi, grazie alla possibilità di prendere decisioni riguardanti i momenti in cui serve che la potenza dei macchinari sia maggiore e quando può invece ridursi,
- Ottimizzare il loro funzionamento, evitando picchi nel flusso di refrigerazione che comporterebbe un'alterazione dei prodotti deperibili che si trovano al loro interno.

## 5. Discussione

L'analisi empirica descritta nei capitoli precedenti si è posta come principale obiettivo quello di dare una risposta esaustiva alle tre domande di ricerca che il presente lavoro si proponeva, analizzando nel profondo quali sono gli obiettivi circolari che possono essere perseguiti attraverso l'utilizzo dell'Internet of Things e, di conseguenza, come si stanno muovendo le aziende nella ormai inevitabile transizione verso un'economia green nonché quali siano gli impatti derivanti da tale transizione sui processi produttivi.

Il caso del Gruppo Isa S.p.A. conferma quanto affermato da Demestichas e Daskalakis, (2020) e da Di Maria et al. (2020) nei loro studi, in cui sostengono che tra gli obiettivi caratteristici dell'Economia Circolare, raggiungibili grazie alle nuove tecnologie dell'Industria 4.0, si trovano anche la riduzione degli sprechi e l'allungamento del ciclo di vita del prodotto; obiettivi che, in effetti, anche il Gruppo è riuscito ad ottenere proprio attraverso l'implementazione e l'utilizzo di macchinari interconnessi tra loro e, quindi, intelligenti.

L'analisi svolta fa emergere infatti come questi risultati possano essere ottenuti più facilmente proprio grazie all'implementazione della tecnologia dell'Internet of Things. È interessante notare come, ai fini del conseguimento degli obiettivi suddetti, sia stata determinante una caratteristica in particolare insita nella nuova tecnologia, ossia la funzione del controllo da remoto dei macchinari.

L'importanza di tale funzione è stata individuata dalla Ellen McArthur Foundation prima e ripresa poi dagli studi di Bressanelli et. al, (2018) e di Ertz et al. (2022); l'analisi empirica condotta nel presente lavoro di ricerca ha rimarcato la centralità di questa caratteristica ed è risultata particolarmente utile per dimostrare come nel settore della Grande Distribuzione Organizzata, la possibilità di controllare da remoto le macchine intelligenti rappresenti un importante punto di svolta nella riduzione dell'impatto che le aziende operanti in questo settore hanno sull'ambiente e, di conseguenza, come questo abbia riflessi positivi nel percorso di transizione verso l'Economia Circolare.

All'interno del presente lavoro, il controllo da remoto si pone evidentemente come elemento cardine, abbracciando tutti i quesiti che lo stesso si era posto di risolvere. Infatti, questa funzione non solo ha permesso di allungare il ciclo di vita dei nuovi macchinari intelligenti, legandosi in tal modo ai principi dell'Economia Circolare, ma ha fatto sì che l'azienda oggetto

di analisi abbia potuto perseguire anche un ulteriore obiettivo, più legato ad un pensiero ecosostenibile, quale quello dell'efficientamento energetico.

Dall'analisi del caso studio si è potuto notare che l'allungamento del ciclo di vita dei macchinari ha significato per il Gruppo anche una riorganizzazione di alcune attività legate all'utilizzo di tali macchinari e, in particolare, del processo di manutenzione; l'implementazione dell'IoT ha infatti consentito l'automatizzazione dei compiti di controllo sul funzionamento dei macchinari, agendo sulle modalità e sulle tempistiche con le quali affrontare e risolvere i problemi che si verificano.

Il caso analizzato è in linea anche con un'altra considerazione proposta della Ellen McArthur Foundation, che riguarda i vantaggi economici perseguibili grazie all'utilizzo delle nuove tecnologie. Dall'analisi condotta, si evince come l'implementazione dell'IoT nel punto vendita analizzato abbia permesso non solo un avvicinamento alla logica sostenibile, ma abbia avuto anche un conseguente impatto economico sull'azienda: la nuova tecnologia ha permesso ai macchinari intelligenti di raggiungere la massima efficienza energetica e di ottimizzare il loro funzionamento riducendo considerevolmente i costi direttamente legati allo spreco di cibo, a quello di risorse energetiche e alla manutenzione che i banchi frigo richiedono.

Da questo punto di vista, lo studio ha quindi misurato l'impatto che l'Internet of Things ha avuto sui risultati economici dell'azienda, dimostrando che l'implementazione della tecnologia adottata ha portato ad una riduzione del 15% circa sui costi dell'energia elettrica, del 30% circa su quelli legati allo spreco di cibo e attualmente, trovandosi ancora nella fase di avvio, del 100% sui costi di manutenzione, con un risparmio per il Gruppo che supera i 500 mila euro all'anno. Si tratta di risultati certamente importanti soprattutto se si ricorda che nelle aziende della Grande Distribuzione Organizzata, il costo dell'energia elettrica incide per un quarto sul totale dei costi operativi.

## **5.1 Implicazioni Manageriali**

Lo studio condotto nel presente elaborato permette di estrapolare alcune considerazioni utili per indirizzare il lavoro e le scelte dei manager riguardo le principali tematiche affrontate, ossia la sostenibilità e la digitalizzazione.

Innanzitutto, l'analisi contribuisce a mostrare gli effetti che la continua attività di industrializzazione ha sull'ambiente e di come le scelte delle aziende possano essere decisive

nella risoluzione di determinati problemi quali la scarsità di risorse e l'inquinamento ambientale, prima che questi diventino irreversibili.

In secondo luogo, lo studio consente ai manager di avere una chiara visione del legame che unisce la sostenibilità, l'Economia Circolare e l'Industria 4.0, focalizzandosi sul ruolo che la tecnologia dell'Internet of Things, in particolare, ricopre nella transizione verso un agire sostenibile; l'integrazione fra questi concetti fa sì che i manager possano riadattare le loro strategie per riuscire a sfruttare al meglio il potenziale delle tecnologie e raggiungere, in questo modo, traguardi sostenibili.

Inoltre, nello studio vengono mostrati quali obiettivi sostenibili possono essere ottenuti attraverso l'implementazione dell'Internet of Things e quali impatti si possono avere, a livello tecnico-organizzativo, a seguito di questa implementazione; i manager potrebbero quindi basare le loro decisioni sulla congruenza o meno degli obiettivi raggiungibili rispetto al contesto nel quale operano, andando a focalizzarsi su tutti o solo su alcuni di essi in base alle specifiche esigenze dell'azienda.

## 6. Conclusioni

Nonostante da diverso tempo la letteratura scientifica abbia più volte sottolineato l'esigenza di una transizione verso un'economia più green e circolare attraverso l'utilizzo delle nuove tecnologie dell'Industria 4.0, si riscontra tuttora una mancanza di studi legati al ruolo che le singole tecnologie ricoprono, o che dovrebbero ricoprire, in questa transizione.

Il presente studio si è posto l'obiettivo di colmare questa mancanza analizzando come la nuova tecnologia dell'Internet of Things assume un importante ruolo nel processo di riorganizzazione e riorientamento delle imprese verso un pensiero sostenibile.

In particolare, è stato analizzato il caso di un'azienda operante nel settore della Grande Distribuzione Organizzata che ha permesso di evidenziare l'importanza dell'IoT per il conseguimento di tre specifici traguardi sostenibili, ossia l'efficientamento energetico, la riduzione dello spreco di cibo e l'estensione del ciclo di vita di macchinari.

Dall'analisi della letteratura esistente è emerso che questi obiettivi, in un'ottica di sostenibilità, sono particolarmente importanti e la loro identificazione all'interno del caso studio ha permesso di rispondere alle prime due domande di ricerca che ci si è posti, vale a dire quali soluzioni sostenibili e quali obiettivi circolari si possono conseguire con l'IoT. Il caso esaminato ha fatto luce, inoltre, sulle implicazioni che l'implementazione dell'IoT ha sul processo produttivo; si è visto infatti come il traguardo dell'estensione del ciclo di vita coincida anche con una riorganizzazione delle attività strategiche dell'azienda tra le quali vi è per esempio, come nel caso oggetto di studio, la manutenzione dei macchinari. L'approfondimento di questo aspetto ha permesso di rispondere alla terza ed ultima domanda di ricerca con la quale appunto si voleva evidenziare l'impatto dell'IoT sul processo produttivo.

In conclusione si può senz'altro affermare che dall'integrazione fra l'analisi della letteratura e le evidenze ottenute nel presente studio, emerge chiaramente come le imprese che intendono orientarsi verso un pensiero sostenibile possono sfruttare l'Internet of Things per conseguire obiettivi circolari ed eco-sostenibili, potendo beneficiare al contempo di rilevanti vantaggi economici che l'utilizzo di questa tecnologia consente di ottenere.

## **6.1 Limiti dello studio e consigli per le ricerche future**

La ricerca presenta anche dei limiti. Il primo è costituito dal fatto che, per l'analisi del caso studio, è stata scelta un'unica azienda che opera in un business molto specifico. Questo ha fatto sì che le evidenze emerse, anche se in parte generalizzabili, fossero rappresentative solo del settore della Grande Distribuzione Organizzata e, in particolare, del contesto nel quale opera la specifica azienda. Il secondo limite è legato al fatto che sono stati analizzati gli effetti prodotti da una sola tecnologia dell'Industria 4.0; non sono ancora stati studiati, quindi, gli effetti che le restanti tecnologie digitali, come Intelligenza Artificiale o Big Data, possono avere nel processo di transizione verso un'economia più sostenibile e circolare.

Sulla base delle limitazioni evidenziate, si potrebbe consigliare per eventuali studi futuri che questi si focalizzassero anche su altri settori. Sarebbe inoltre interessante che in una sola analisi venissero inseriti più settori, in modo che si possano trarre evidenze più generalizzabili e rappresentative del mondo delle aziende nel complesso. Si dovrebbe altresì condurre un'analisi che comprenda le ulteriori tecnologie che caratterizzano l'Industria 4.0, indagando come ciascuna di queste si leghi ai concetti di sostenibilità e, in particolare, dell'Economia Circolare, in modo da poter individuare i pro e i contro di ciascuna di esse e offrire, in questo modo, un maggiore contributo manageriale.

## 7. Bibliografia

Agarwal, S., Tyagi, M. and Garg, R.K., 2022, "*Framework development and evaluation of Industry 4.0 technological aspects towards improving the circular economy-based supply chain*", *Industrial Robot*, Vol. 49 No. 3, pp. 555-581.

Antikainen, M., Uusitalo, T., Kivikyto-Reponen, P., 2020, "*Digitalisation as an Enabler of Circular Economy*", *Elsevier Procedia CIRP* 73 (2018) 45-49.

Awan, U., Shamim, S., Khan, Z., Ul Zia, N., Shariq, S.M., Khan, M.N., 2021, "*Big data analytics capability and decision-making: The role of data-driven insight on circular economy performance*", *Technological Forecasting & Social Change*, 168 (2021) 120766.

Awan, U., Sroufe, R., Shahbaz, M., 2021, "*Industry 4.0 and the circular economy: A literature review and recommendations for future research*", *Business Strategy and the Environment*, 30:2038–2060.

Bag, S., Pretorius, J.H.C., 2020, "*Relationships between industry 4.0, sustainable manufacturing and circular economy: proposal of a research framework*", *International Journal of Organizational Analysis*, 1934-8835.

Beliatis, M.J., Acharya, K.S., Lohacharoenvanich, N., Presser, M.A., Aagaard, A.A., 2019, "*Internet of Things for a sustainable food packaging ecosystem insights from a business perspective*", *Global IoT Summit, GIoTS 2019 – Proceedings*, Article number 8766378.

Bressanelli, G., Adrodegari, F., Perona, M., Saccani, N., 2018, "*Exploring How Usage-Focused Business Models Enable Circular Economy through Digital Technologies*", *Sustainability*, 10, 639.

Bressanelli, G., Adrodegari, F., Perona, M., Saccani, N., 2018, "*The role of digital technologies to overcome Circular Economy*", *Procedia CIRP* 73, 216-221.

Capgemini, 2019, "*Sustainable Business Revolution 2030*".

Chauhan, C., Parida, V., Dhir, A., 2022, "*Linking circular economy and digitalisation technologies: A systematic literature review of past achievements and future promises*", *Technological Forecasting & Social Change* 177 (2022) 121508.

Clerici, C., 2012, "*I supermercati contro lo spreco di energia*", *Corriere della Sera*.

Commissione Europea, 2020, “*Piano per la ripresa dell’Europa*”,  
[https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe\\_it](https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_it)

Conti, M.E., 2021, “*Economia Circolare E Sviluppo Sostenibile*”, Presidenza del Consiglio dei Ministri, Scuola Nazionale dell’Amministrazione.

Cosci S., Meliciani V., Palmerio G., 2019, “*Globalizzazione, innovazione e diseguaglianze. Riflessioni sul ruolo della politica industriale*”, Cacucci Editore.

Cwiklicki, M., Wojnarowska, M., 2020, “*Circular Economy and Industry 4.0: One-Way or Two-Way Relationships?*”, *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 31(4), 387–397.

De Giovanni, P. (2016). “*Coordination in a distribution channel with decisions on the nature of incentives and share-dependency on pricing*”. *Journal of the Operational Research Society*, 67(8), 1034-1049.

De Giovanni, P. (2019). “*When feature-based production capabilities challenge operations: Drivers, moderators, and performance*”. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol. 40 No. 2, pp. 221-242.

De Giovanni, P. (2022). “*Leveraging the circular economy with a closed-loop supply chain and a reverse omnichannel using blockchain technology and incentives*”. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 42 No. 7, pp. 959-994.

De Giovanni, P. and Folgiero, P. (2022), “*Strategies for the Circular Economy. Circular Districts and Networks*”, Giappichelli-Routledge.

Del Giudice, M., Chierici, R., Mazzucchelli, A., Fiano, F., “*Supply chain management in the era of circular economy: the moderating effect of big data*”, *The International Journal of Logistics Management* Vol. 32 No. 2, 2021 pp. 337-356.

Demestichas, K., Daskalakis, E., 2020, “*Information and Communication Technology Solutions for the Circular Economy*”, *Sustainability* 2020, 12, 7272.

Di Maria, E., De Marchi, V., Galeazzo, A., 2022, “*Industry 4.0 technologies and circular economy: The mediating role of supply chain integration*”, *Business Strategy and the Environment*, 31:619–632.

Ellen MacArthur Foundation, 2013, *“Towards The Circular Economy - Economic and business rationale for an accelerated transition”*.

Ellen MacArthur Foundation, 2015, *“Towards The Circular Economy - Economic and business rationale for an accelerated transition”*.

Ellen MacArthur Foundation, 2016, *“Intelligent Assets – Unlocking the circular economy potential”*.

Ertz, M., Sun, S., Boily, E., Kubiak, P., Quenum, G.G.Y., 2022, *“How transitioning to Industry 4.0 promotes circular product lifetimes”*, *Industrial Marketing Management* 101 (2022) 125–140.

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N.M.P., Hultink, E.J., 2017, *“The Circular Economy e A new sustainability paradigm?”*, *Journal of Cleaner Production* 143 (2017) 757-768.

Ghoreishi, M., Happonen, A., 2020, *“New promises AI brings into circular economy accelerated product design: a review on supporting literature”*, *E3S Web of Conferences* 158, 06002 (2020).

Gupta, S., Chen, H., Hazen, B.T., Kaur, S., Santibanez Gonzalez, E.D.R., 2019, *“Circular economy and big data analytics: A stakeholder perspective”*, *Technological Forecasting & Social Change*, 144 (2019) 466–474.

Hina, M., Chauhan, C., Kaur, P., Kraus, S., Dhir, A., 2022, *“Drivers and barriers of circular economy business models: Where we are now, and where we are heading”*, *Journal of Cleaner Production* 333 (2022) 130049.

Hoosain, M.S., Paul, B.S., Ramakrishna, S., 2020, *“The Impact of 4IR Digital Technologies and Circular Thinking on the United Nations Sustainable Development Goals”*, *Sustainability*, 12, 10143.

Huynh, P.H., 2022, *“Enabling circular business models in the fashion industry: the role of digital innovation”*, *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 71, No. 3, pp. 870-895.

Ingemarsdotter, E., Jamsin, E., Balkenende, R., 2020, *“Opportunities and challenges in IoT-enabled circular business model implementation – A case study”*, *Resources, Conservation & Recycling* 162 (2020) 105047.

Jabbour, C.J.C., Jabbour, A.B.L.S., Sarkis, J., Filho, M.G., 2019, “*Unlocking the circular economy through new business models based on large-scale data: An integrative framework and research agenda*”, *Technological Forecasting & Social Change* 144, 546–552.

Kadar, T., Kadar, M., 2020, “*Sustainability Is Not Enough: Towards AI Supported Regenerative Design*”, *IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*.

Khan, I.S., Ahmad, M.O., Majava, J., 2021, “*Industry 4.0 and sustainable development: A systematic mapping of triple bottom line, Circular Economy and Sustainable Business Models perspectives*”, *Journal of Cleaner Production* 297 (2021) 126655.

Khan, S.A.R., Shad, A.S.A., Yu, Z., Tanveer, M., 2021, “*A systematic literature review on circular economy practices: challenges, opportunities and future trends*”, *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 2053-4604.

Laskurain-Iturbe, I., Arana-Landín, G., Landeta-Manzano, B., Uriarte-Gallastegi, N., 2021, “*Exploring the influence of industry 4.0 technologies on the circular economy*”, *Journal of Cleaner Production* 321 (2021) 128944.

Lichtenthaler, U., 2021, “*Digitainability: The Combined Effects of the Megatrends Digitalization and Sustainability*”, *Journal of Management*, 9 (2), 64-80.

Ma, S., Zhang, Y., Liu, Y., Yang, H., Lv, J., Ren, S., 2020, “*Data-driven sustainable intelligent manufacturing based on demand response for energy-intensive industries*”, *Journal of Cleaner Production* 274 (2020) 123155.

Manavalan, E., Jayakrishna, K., 2019, “*An Analysis on Sustainable Supply Chain for Circular Economy*”, *Procedia Manufacturing* 33 (2017) 477-484.

Maranesi, C., & De Giovanni, P. (2020). “*Modern circular economy: Corporate strategy, supply chain, and industrial symbiosis*”. *Sustainability*, 12(22), 9383.

Mboli, J.S., Thakker, D., Mishra, J.L., 2020, “*An Internet of Things-enabled decision support system for circular economy business model*”, *Wiley*, 52:772–787.

Naclerio, A. G., & De Giovanni, P. (2022). “*Blockchain, logistics and omnichannel for last mile and performance*”. *The International Journal of Logistics Management*. Vol. 33 No. 2, pp. 663-686.

Nascimento, D.L.M., Alencastro, V., Quelhas, O.L.G, Caiado, R.G.G., Garza-Reyes, J.A., Rocha-Lona, L., Tortorella, G., 2018, “*Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context*”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 30, No. 3, pp. 607-627.

Okorie, O., Salonitis, K., Charnley, F., Moreno, M., Turner, C., Tiwari, A., 2018, “*Digitisation and the Circular Economy: A Review of Current Research and Future Trends*”, *Energies* 2018, 11, 3009.

Ordieres-Mere, J., Remon, T.P., Rubio, J., 2020, “*Digitalization: An Opportunity for Contributing to Sustainability From Knowledge Creation*”, *Sustainability*.

Osburg, T., Lohrmann, C., 2017, “*Sustainability in a Digital World New Opportunities Through New Technologies*”, Springer.

Pagoropoulos, A., Pigosso, D.C.A., McAloone, T.C., 2017, “*The emergent role of digital technologies in the Circular Economy: A review*”, *Procedia CIRP* 64,19 – 24.

Pellegrini, M., Saccani, C., Bianchini, A., Rossi, J., 2018, “*A new productive model of circular economy enhanced by digital transformation in the Fourth Industrial Revolution-An integrated framework and real case studies*”, *Sustainability*.

Schluter, M., Lickert, H., Schweitzer, K., Bilge, P., Briese, C., Dietrich, F., Kruger, J., 2021, “*AI-enhanced Identification, Inspection and Sorting for Reverse Logistics in Remanufacturing*”, Elsevier,

Seele P., Lock, I., 2017, “*The game-changing potential of digitalization for sustainability: possibilities, perils, and pathways*”, *Sringer*, 12:183–185.

Trevisan, A. H., Zacharias, I. S., Liu, Q., Yang, M., Mascarenhas, J. (2021) “*Circular Economy and Digital Technologies: A Review of the Current Research Streams*”, *Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED21)*.

Uçar, E., Le Dain, M., Joly, I., 2020, “*Digital Technologies in Circular Economy Transition: Evidence from Case Studies*”, Elsevier *Procedia CIRP* 90 (2020) 133–136.

Wilson, M., Paschen, J., Pitt, L., 2022, “*The circular economy meets artificial intelligence (AI): understanding the opportunities of AI for reverse logistics*”, *Management of Environmental Quality: An International Journal*, Vol. 33, No. 1, pp. 9-25.