



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI ECONOMIA “GIORGIO FUÀ”

Corso di Laurea Magistrale in Economia e Management

Curriculum Marketing

**II DIGITALE PER LA SOSTENIBILITÀ
AZIENDALE
DIGITAL FOR CORPORATE
SUSTAINABILITY**

Relatore:
Prof.ssa Federica Pascucci

Tesi di Laurea di:
Pasquale Sirignano

Anno Accademico 2022/2023

*Ai miei genitori che mi hanno sostenuto economicamente
e moralmente in questo percorso.*

*Grazie per tutti i sacrifici
fatti per me.*

*Alla mia sorellina, grazie per esserci sempre nella mia vita
nel momento del bisogno. Sei la sorella perfetta.*

*Al mio amore Anastasia, grazie per tutto il tempo che mi
hai dedicato. Riesci sempre a rassicurarmi con sole
due parole o con la tua presenza che per me è
di un'importanza infinita. Non potrei
desiderare persona migliore
al mio fianco.*

A tutti i miei amici che hanno condiviso con me questi anni.

Indice

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1	5
LA SOSTENIBILITA' NELLE STRATEGIE DELLE IMPRESE	5
1.1 CONCETTO DI SOSTENIBILITÀ E AGENDA 2030	5
1.2 IL RUOLO DELLA SOSTENIBILITÀ NELLE STRATEGIE DELLE IMPRESE	12
1.3 L'IMPORTANZA DELLA SOSTENIBILITÀ NEL VANTAGGIO COMPETITIVO DELLE IMPRESE	20
1.4 I MODELLI DI BUSINESS SOSTENIBILE	24
CAPITOLO 2	36
LA SOSTENIBILITÀ DIGITALE	36
2.1 COS'È LA SOSTENIBILITÀ DIGITALE?	36
2.2. I BENEFICI DELLA SOSTENIBILITÀ DIGITALE PER LE IMPRESE	42
2.3. I VANTAGGI ED I RISCHI PER L'AMBIENTE	46
2.4. IL DIGITAL SUSTAINABILITY INDEX	49
CAPITOLO 3	59
LE TECNOLOGIE PER LA SOSTENIBILITÀ DIGITALE	59
3.1 INTELLIGENZA ARTIFICIALE (IA) E MACHINE LEARNING (ML)	59
3.2 INTERNET OF THINGS (IOT)	67
3.3 BLOCKCHAIN	74
3.4 BIG DATA, GREEN DATA CENTER E DATA SCIENCE	88

CAPITOLO 4	99
SOSTENIBILITÀ DIGITALE NEL SETTORE AGROALIMENTARE	99
4.1 LA RILEVANZA DEL SETTORE AGROALIMENTARE ITALIANO	99
4.2 LE PRINCIPALI SFIDE E CRITICITÀ DEL SETTORE AGROALIMENTARE ITALIANO	112
4.3 IL RUOLO DELLE TECNOLOGIE DIGITALI PER LA SOSTENIBILITÀ NEL SETTORE AGROALIMENTARE	118
<i>4.3.1 Il contributo economico</i>	<i>125</i>
<i>4.3.2 Il contributo ambientale</i>	<i>131</i>
<i>4.3.3 Il contributo sociale</i>	<i>134</i>
4.4 SFIDE E RISCHI NELL'UTILIZZO DELLE TECNOLOGIE DIGITALI	137
4.5 LA SITUAZIONE DELLE IMPRESE ITALIANE	143
4.6 ALCUNE ESPERIENZE ITALIANE	147
<i>4.6.1 Rio mare e la tracciabilità digitale</i>	<i>147</i>
<i>4.6.2 Parmalat e le stalle digitali</i>	<i>150</i>
<i>4.6.3 Lavazza e la rivoluzione legata al cloud</i>	<i>152</i>
<i>4.6.4 La tecnologia ad infrarossi: Raviolificio Lo Scoiattolo</i>	<i>155</i>
<i>4.6.5 Grom e il dispositivo WeTag</i>	<i>156</i>
<i>4.6.6 La Canova e il Progetto Sos-Ap</i>	<i>158</i>
<i>4.6.7 Il robot Icaro X4 al servizio della Borgoluce</i>	<i>160</i>
<i>4.6.8 Il magazzino 4.0 di Orogel</i>	<i>162</i>
<i>4.6.9 Ca.Bre Casearia Bresciana e il nuovo impianto di potabilizzazione dell'acqua</i>	<i>165</i>
4.7 ANALOGIE E DIFFERENZE DELLE AZIENDE ITALIANE ESAMINATE	167
CONCLUSIONI	171

BIBLIOGRAFIA.....174

INTRODUZIONE

L'elaborato si propone di discutere il ruolo del digitale come componente fondamentale per il raggiungimento della sostenibilità nelle imprese, in tutti i suoi tre aspetti: economico, sociale e ambientale.

A sostegno del benessere e della salvaguardia del nostro pianeta, è stata sottoscritta l'Agenda 2030, un piano d'azione per lo sviluppo sostenibile. L'obiettivo dell'ONU e della Commissione Europea è di raggiungere tutti e tre gli aspetti della sostenibilità. La trasformazione digitale, incentrata su tecnologie tra cui l'intelligenza artificiale, il machine learning, l'internet of things, la blockchain e i big data può offrire un contributo evidente per il raggiungimento dei 17 obiettivi di sviluppo sostenibile.

Dal punto di vista economico l'utilizzo di tecnologie sostenibili deve portare ai massimi livelli possibili sia il profitto che l'ottimizzazione di un'impresa. L'azienda da un lato deve migliorare l'efficienza dei processi produttivi e dall'altro adattare il modello di business ai cambiamenti ambientali, del mercato e del contesto competitivo.

Dal punto di vista ambientale l'impiego del digitale va a limitare gli spostamenti, ridurre i processi, rendere più efficiente la logistica, ottimizzare le risorse, ridurre gli sprechi e migliorare le attività di monitoraggio. A seguito della digitalizzazione,

molte aziende stanno investendo su tecnologie impegnate nella decarbonizzazione, con lo scopo di ridurre il più possibile le emissioni di gas serra.

Le aziende ecologicamente sostenibili integrano nei loro piani aziendali sistemi per il monitoraggio delle emissioni, della qualità dell'aria, dell'inquinamento acustico e del consumo di acqua sia per avere un minor impatto ambientale sia per avere un risparmio economico per l'azienda. Attraverso l'utilizzo di tecnologie digitali efficienti è possibile ridurre il consumo di energia elettrica necessario per alimentare server, dispositivi elettronici ed altre apparecchiature.

Lo sviluppo e l'utilizzo di nuove tecnologie digitali può cambiare il modo in cui molti dei problemi sociali oggi più pressanti vengono affrontati, offrendo risposte più rapide e accessibili. Il digitale sta consentendo di raggiungere persone in luoghi remoti e fornire loro servizi in aree quali l'istruzione e la sanità. In una società sempre più digitalizzata, però l'impossibilità di connettersi e di utilizzare internet risulta essere un fattore di esclusione importante, incrementando così l'emarginazione delle fasce di popolazione che non hanno la possibilità di accedere ai benefici.

Al giorno d'oggi le aziende, per raggiungere gli obiettivi di sviluppo sostenibile, devono necessariamente integrare nel loro business le innovative tecnologie digitali, prestando attenzione ai rischi e alle sfide che da esse conseguono.

In quest'ottica di integrazione è necessario capire in primis quali siano le tecnologie e in che modo esse possano contribuire al raggiungimento della sostenibilità, dopodiché è di fondamentale importanza implementarle ed utilizzarle al meglio per non sortire effetti negativi. Per garantirne un utilizzo consono, le istituzioni e le organizzazioni che si occupano delle tecnologie digitali devono assicurare un'accessibilità di utilizzo equa a tutti e un incremento dell'utilizzo di energie rinnovabili per rendere le infrastrutture digitali più efficienti e sostenibili.

L'elaborato si articola nel seguente modo: nel primo capitolo viene definito il concetto di sostenibilità e di sviluppo sostenibile con vantaggi e svantaggi ad esse correlate. È stata introdotta l'Agenda 2030 e degli obiettivi di sviluppo sostenibile che ogni Paese dovrà raggiungere entro il 2030 per poi concludere con il modello di business sostenibile e l'importanza della sua adozione da parte delle aziende, per il raggiungimento della sostenibilità.

Nel secondo capitolo, tramite la comparazione di definizioni fornite da diversi autori, si introduce la sostenibilità digitale con i suoi molteplici benefici e vantaggi per le imprese ma anche con i numerosi rischi che può apportare all'ambiente. Si introduce anche il Digital Sustainability Index, un indice che ha come obiettivo quello di misurare la sostenibilità digitale di persone, organizzazioni e territori.

Nel terzo capitolo vengono analizzati l'intelligenza artificiale, il machine learning, l'internet of things, la blockchain e i big data, illustrando qualche esempio di

applicazione all'interno delle aziende. Queste tecnologie digitali consentono alle aziende di raggiungere la sostenibilità nelle sue tre dimensioni. Si spiega in cosa esse consistono, i numerosi benefici che sono in grado di apportare e i possibili rischi legati al loro impiego.

Il quarto e ultimo capitolo è incentrato sulla sostenibilità digitale nel settore agroalimentare, in particolare su come l'adozione delle tecnologie digitali possa portare alla sostenibilità in questo specifico campo, analizzando i tre tipi di contributi (economico, ambientale e sociale) che apporta in questo settore, i rischi e le sfide inerenti al loro utilizzo. Infine, si conclude con alcuni dati ed esempi di aziende italiane agroalimentari che hanno adoperato innovative tecnologie digitali al fine di perseguire gli obiettivi di sostenibilità.

CAPITOLO 1

LA SOSTENIBILITA' NELLE STRATEGIE DELLE IMPRESE

1.1 Concetto di sostenibilità e Agenda 2030

Il concetto di sostenibilità è molto complesso, esso considera il legame esistente tra rispetto dell'ambiente, benessere sociale e sviluppo economico. Mantenere in equilibrio il rapporto tra queste tre componenti, ovvero tra ambiente, società ed economia è l'obiettivo dello sviluppo sostenibile.

Il concetto di sviluppo sostenibile viene introdotto per la prima volta nel rapporto Brundtland (conosciuto anche come *Our Common Future*), il quale è un documento pubblicato nel 1987 dalla Commissione Mondiale su Ambiente e Sviluppo (WCED). In questo rapporto, lo sviluppo sostenibile viene definito come “lo sviluppo in grado di assicurare il soddisfacimento dei bisogni dell'attuale generazione senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri”¹. Questa definizione cambia il pensiero della società di quel tempo che mirava unicamente ad un obiettivo di crescita economica mentre i fattori sociali ed ambientali come la povertà nel mondo, l'inquinamento climatico e il depauperamento delle risorse erano completamente trascurati. In questo concetto

¹ United Nations, *Our Common Future*, 1987.

sono racchiuse le esigenze di tutela e salvaguardia delle risorse dell'umanità, il raggiungimento di una migliore qualità della vita, la diffusione di una prosperità crescente ed equa, il conseguimento di un livello d'uso e conservazione ambientale non dannoso per l'uomo e per le altre specie viventi e nel quale sia possibile una più equa accessibilità delle risorse. Dunque, lo sviluppo può essere definito sostenibile quando è capace di generare una situazione di equilibrio tra i tre ambiti: ambientale, sociale ed economico.

In seguito, negli anni le definizioni di sviluppo sostenibile sono state numerose ma tutte queste possono essere riassunte in quattro dimensioni secondo l'approccio fornito dall'Agenda 21, il quale è un programma di azione scaturito dalla Conferenza sull'ambiente e lo sviluppo delle Nazioni Unite, tenutosi a Rio De Janeiro nel 1992 col fine di raggiungere l'obiettivo dello sviluppo sostenibile. Le quattro dimensioni sono:

- **sostenibilità ambientale:** riguarda la capacità di conservare nel tempo la qualità e la riproducibilità delle risorse naturali, salvaguardare la diversità biologica e garantire l'integrità degli ecosistemi. Essa richiede la minimizzazione degli impatti sugli ecosistemi che causano una crescente riduzione del patrimonio naturale e l'accettabilità dei rischi riguardanti la salute dell'uomo;

- sostenibilità economica: riguarda la capacità di generare in maniera continuativa reddito e lavoro e di garantire un uso razionale delle risorse disponibili. L'efficienza economica può essere ritenuta come il prerequisito della sostenibilità ambientale poiché le azioni che causano uno spreco economico sono insostenibili;
- sostenibilità sociale: riguarda la capacità di assicurare equità nell'accesso a beni ed a condizioni di benessere;
- sostenibilità istituzionale: riguarda la capacità di garantire condizioni di stabilità, partecipazione, democrazia, informazione, formazione e giustizia.

Dunque, “lo sviluppo sostenibile si basa su un'integrazione efficiente tra ecosistemi naturali non degradati, tecnologie avanzate e sistemi sociali e culturali consapevoli e responsabili”².

L'agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile è un programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità sottoscritto dai governi dei 193 Paesi membri nel settembre 2015. Essa comprende 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile in un vasto programma d'azione per un totale di 169 'target' o traguardi. Il lancio ufficiale degli obiettivi di sviluppo sostenibile è iniziato nel 2016, ponendo il mondo sulla strada

² C. Rapisarda, *Per uno sviluppo durevole e sostenibile*, Network Sviluppo Sostenibile, 2015, pag. 5.

giusta per viaggiare nei prossimi 15 anni; i paesi sono tenuti a raggiungere questi obiettivi entro il 2030.

Gli obiettivi per lo sviluppo sostenibile fanno seguito ai precedenti obiettivi di sviluppo del millennio e stabiliscono obiettivi comuni su una serie di questioni vitali legate allo sviluppo. Il termine "obiettivi comuni" si riferisce a obiettivi che si applicano a tutte le nazioni e persone, dunque, nessuno è escluso e nessuno deve essere lasciato indietro mentre ci si muove verso un futuro più sostenibile. Essi ambiscono a realizzare pienamente i diritti umani di tutti, raggiungere l'uguaglianza di genere e l'emancipazione di tutte le donne e le ragazze. Inoltre, questi obiettivi sono interconnessi, inseparabili e mantengono in equilibrio le tre dimensioni dello sviluppo sostenibile: ambientale, sociale ed economica.

Gli obiettivi si concentrano principalmente nell'intervento in cinque aree di importanza cruciale per l'umanità ed il pianeta:

- persone: lo scopo è quello di porre fine alla povertà ed alla fame e di garantire ad ogni essere umano la capacità di poter realizzare il proprio potenziale con dignità ed uguaglianza in un ambiente sano;
- pianeta: il fine è quello di prevenire il degrado del pianeta attraverso un consumo ed una produzione consapevoli, una gestione sostenibile delle sue risorse naturali e l'adozione di misure riguardo il cambiamento climatico;

per far sì che esso sia in grado di soddisfare i bisogni delle generazioni presenti e future;

- prosperità: mirano a garantire una vita prospera e soddisfacente a tutti gli esseri umani ed a realizzare un progresso economico, sociale e tecnologico che sia in armonia con la natura;
- pace: l'intento è quello di promuovere società pacifiche ed inclusive;
- collaborazione: si vuole realizzare questa agenda utilizzando tutti gli strumenti necessari tramite una collaborazione globale per lo sviluppo sostenibile che comprende la partecipazione di tutti i paesi.

I 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile sono illustrati nella figura 1.1.

Fig. 1.1 - Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile dell'Agenda 2030 ONU



Fonte 1.1 - Organizzazione delle Nazioni Unite

Per quanto riguarda il raggiungimento degli obiettivi si è notato come ci sia uno scarso accordo sulla stimolazione e sulla realizzazione di azioni locali. Dunque, è di fondamentale importanza definire le strategie locali per lo sviluppo sostenibile. L'impegno nei confronti degli obiettivi è diverso in base ai contesti socioculturali, economici ed ambientali locali ma anche a seconda degli accordi istituzionali, delle agende politiche, delle risorse finanziarie e del capitale sociale ed umano. Quindi, ogni paese può sviluppare una propria strategia nazionale di sviluppo sostenibile incorporando gli obiettivi nei propri processi decisionali. In seguito, i risultati sono monitorati attraverso l'uso di indicatori statistici globali in relazione ad un processo regolato dall'ONU³.

Tra i vantaggi dello sviluppo sostenibile c'è in primis la salvaguardia degli habitat naturali del pianeta tramite la gestione dei fattori sociali, ambientali ed economici; con l'intento di produrre beni e servizi sostenibili affinché forniscano ambienti ottimali per tutti gli esseri viventi. L'attenzione diretta è posta sul governo di ciascun paese decretando termini di responsabilità e sicurezza per tutti i suoi cittadini. Tutto ciò permette all'economia di svilupparsi senza danneggiare l'ecosistema tramite azioni che hanno l'obiettivo di ridurre le emissioni di gas nocivi e il riscaldamento globale e di salvaguardare le specie naturali, mantenendo l'accessibilità ad un'energia pulita ed ugualmente efficace. Così facendo si può

³ Onu, *Assemblea generale*, 2015.

assicurare un futuro migliore prevenendo l'esaurimento delle risorse naturali o affinché vengano opportunamente rinnovate.

Lo sviluppo sostenibile ha un ruolo essenziale nelle decisioni degli enti governativi come l'attuazione di leggi per: la tutela delle acque dall'inquinamento, la gestione dei rifiuti (recupero, trasformazione e smaltimento), la produzione di energia rinnovabile (energia eolica, energia solare, energia idroelettrica ed energia da moto ondoso) ecc. Nella vita di tutti i giorni l'uomo può prendere decisioni sostenibili come piantare alberi, fare uso di veicoli elettrici, dotare la propria casa di illuminazione intelligente, usare pannelli fotovoltaici e impianti di riscaldamento a pavimento. Tutte queste attività sostenibili si basano sul benessere della società con l'ambiente.

Quando si tratta di sviluppo sostenibile ci sono però anche delle criticità legate ad esso. Abitualmente è più costoso realizzare beni e servizi in modo sostenibile avendo a cuore la salvaguardia dell'ambiente piuttosto che realizzarli procurando danni all'ecosistema. Dunque, gli svantaggi sono insiti nella produzione globale e nel consumo umano che va contro alle leggi che si basano sullo sviluppo sostenibile. Molti strumenti che sono stati creati con un obiettivo di sostenibilità hanno un impatto positivo sull'ambiente però d'altro canto presentano anche alcune criticità:

- la necessità di un cambiamento di mentalità per modificare il modo di vivere e le abitudini della società col fine di tutelare l'ambiente;
- il bisogno di un impegno costante da parte di tutti, sia da parte della società e sia da parte degli enti governativi, poiché gli obiettivi di sviluppo sostenibile si raggiungono nel lungo termine e dunque questo non sempre è facile;
- la difficoltà delle industrie di acquisire l'abituale quantità di risorse causando una diminuzione o paralisi del lavoro che porta alla disoccupazione o addirittura al fallimento dell'azienda;
- il costo eccessivo per aziende e paesi nell'attuazione di modifiche nei processi industriali e nelle infrastrutture.

1.2 Il ruolo della sostenibilità nelle strategie delle imprese

La sostenibilità sta diventando una componente sempre più importante nelle strategie delle imprese. Il numero di aziende coscienti del fatto che esiste un crescente e stretto legame tra le pratiche ecologiche ed il successo aziendale è aumentato in modo significativo.

Il legame con il territorio è un fattore fondamentale sia per valutare le pressioni ambientali causate dallo svolgimento delle attività produttive (le quali comportano un consumo di energia ed acqua, emissioni in aria ed in acqua, produzione di rifiuti ecc.), sia per le decisioni di investimento delle imprese, principalmente in termini

di disponibilità di infrastrutture. L'ambiente è al centro delle strategie aziendali. Oltre alla necessità di salvaguardare le risorse critiche e l'ambiente vi è il bisogno di garantire uno sviluppo economico responsabile a beneficio delle generazioni future.

Dunque, è necessario elaborare nuovi modelli di produzione che siano sostenibili. L'obiettivo è quello di realizzare strategie che siano preventive e non correttive ottimizzando processi, prodotti, servizi e impiego di risorse al fine di minimizzare l'impatto ambientale e ridurre i costi. Tutto ciò può essere possibile utilizzando in modo più efficace risorse energetiche e materie prime nel processo produttivo, limitando la produzione di inquinanti e diminuendo gli scarti in modo da poter produrre a costi inferiori e conseguire profitti più alti. Per quanto sia difficile, ogni impresa deve sempre puntare ad essere "emissioni zero" o comunque ad avvicinarsi il più possibile. Quindi, vi è una correlazione positiva tra la sostenibilità di un'azienda e le sue prestazioni finanziarie.

Tramite la sostenibilità, un'impresa mira ad ottenere un equilibrio tra affari, società ed ambiente. Questo equilibrio cambia a seconda dell'azienda, considerato che gli interessi in gioco possono essere diversi. L'impegno alla sostenibilità crea opportunità commerciali come, ad esempio nuovi sbocchi di mercato, migliore reputazione, maggiore trasparenza e molte altre. Il successo a lungo termine è più probabile per le aziende che adottano una strategia che considera gli interessi

economici, sociali ed ambientali dei vari stakeholder. Una politica aziendale sostenibile deve permeare in tutte le aree di attività dell'organizzazione.

Inizialmente, le imprese multinazionali avevano la possibilità di adottare due diversi tipi di strategie sostenibili: le strategie sostenibili globali e le strategie sostenibili locali.

Una strategia di sostenibilità globale decreta uno standard unificato per le attività lavorative in tutti i mercati del mondo applicabile alle filiali multinazionali, alle joint venture, agli appaltatori ed ai fornitori. L'uso di una strategia di questo tipo porta ad una trasmissione efficace delle pratiche di sostenibilità alle filiali ed a risultati coerenti e comparabili in tutta l'organizzazione aziendale. Al contrario, adottando una strategia sostenibile locale le iniziative si concentrano sul contesto, sulla cultura e sulle norme dei Paesi in cui siamo presenti con le nostre filiali. Con questa strategia si è capaci di concentrarsi sui reali bisogni e sulle opportunità specifiche di un determinato territorio.

In seguito, sono sopraggiunte tre strategie sostenibili dal carattere più equilibrato poiché sono una combinazione tra strategie globali e locali. Le tre nuove strategie sono:

- la strategia sostenibile globale: punta a bilanciare gli standard di sostenibilità centrali, cioè questioni globali standardizzate come le criticità

ambientali universali, la salute e l'istruzione, con l'interpretazione e la risoluzione in maniera significativa a livello locale;

- la strategia sostenibile transnazionale: segue un processo ciclico che consta di una standardizzazione globale al fine di aumentare l'efficienza amministrativa e la competitività dei costi, accompagnata da un adattamento locale per quanto riguarda gli aspetti sociali, culturali ed ambientali dei paesi in cui si ha sede;
- la strategia sostenibile regionale: giacché molte multinazionali non operano a livello mondiale ma solo in alcune regioni, questa è una terza strategia possibile che può essere comune a tutte le regioni al fine di conciliare le strategie globali con quelle locali.

Uno dei vantaggi generato da queste tre strategie è la capacità di acquisire un gran bagaglio di conoscenze da manager che hanno uno stretto contatto con i mercati regionali e locali, consentendo vantaggi competitivi basati sull'ubicazione⁴.

T. Dyllick e K. Hockerts (2002)⁵ riprendono la definizione di sviluppo sostenibile data dalla Commissione Brundtland e la traspongono a livello aziendale. Loro definiscono la sostenibilità aziendale come il soddisfacimento dei bisogni degli

⁴ R. L. Burritt, K. L. Christ, H. G. Rammal, S. Schaltegger, Multinational enterprise strategies for addressing sustainability: the need for consolidation, *Journal of Business Ethics*, 2018, Vol. 164 No. 2.

⁵ T. Dyllick, K. Hockerts, *Beyond the business case for corporate sustainability*, Routledge, Fontainebleau, 2002, pp. 131-132.

stakeholder diretti e indiretti di un'azienda (come azionisti, dipendenti, clienti, gruppi di pressione, comunità, ecc.), senza compromettere la capacità di soddisfare anche i bisogni degli stakeholder futuri. Al fine di raggiungere questo obiettivo, le aziende hanno il compito di mantenere ed ampliare il proprio capitale economico, ambientale e sociale, attraverso il corretto equilibrio e la corretta integrazione tra questi tre aspetti. La sola sostenibilità economica non è in grado di portare ad una sostenibilità complessiva ma può portare ad avere successo solo nel breve periodo. Infatti, solo nel caso in cui i tre ambiti siano soddisfatti contemporaneamente si può puntare ad un successo di lungo periodo (Dyllick e Hockerts, 2002).

In seguito, sono emerse diverse definizioni della sostenibilità aziendale come preoccupazione principalmente ecologica o come responsabilità sociale di un'organizzazione. Per rispondere interamente alle sfide sociali ed ambientali, le aziende devono attuare cambiamenti e trasformazioni culturali significativi. L'idea di base è che le organizzazioni aziendali devono sviluppare una cultura organizzativa che sia orientata alla sostenibilità. Alcuni studi identificano i fattori organizzativi interni, come il supporto del top management, la gestione delle risorse umane, la formazione ambientale, la responsabilizzazione dei dipendenti, il lavoro di squadra e i sistemi di ricompensa, come aspetti fondamentali per il raggiungimento della sostenibilità aziendale. A livello superficiale, l'attuazione dei principi di sostenibilità aziendale avviene mediante soluzioni tecniche,

pubblicazione di rapporti di sostenibilità e inserimento di misure di sostenibilità al fine di valutare le prestazioni o la formazione dei dipendenti. A livello di valori, l'adozione avviene tramite cambiamenti nei valori morali e nelle convinzioni dei dipendenti che diventano etici e responsabili. Infine, a livello di fondo, l'attuazione dei principi si realizza attraverso un cambiamento delle assunzioni sull'interdipendenza dei sistemi umani ed ecologici⁶.

La sostenibilità economica aziendale riguarda la capacità di un'azienda di creare un valore per la comunità, migliorando la qualità di vita delle persone tramite la produzione di beni e servizi. La sostenibilità economica esige che le imprese siano in grado di gestire i differenti tipi di capitale economico:

- capitale finanziario: si intende il capitale proprio o di debito;
- capitale materiale: il quale comprende macchinari, magazzini, terreni, scorte ecc.;
- capitale immateriale: esso comprende le competenze, le invenzioni, il know how, la logistica, la reputazione ecc.

Le aziende economicamente sostenibili sono capaci di assicurare in ogni momento un flusso di cassa sufficiente a garantire la liquidità ed a generare un rendimento

⁶ M. K. Linnenluecke, A. Griffiths, *Corporate Sustainability and organizational culture*, Journal of World Business, 2010, Vol.45 No.4.

costante e superiore alla media per gli azionisti. Al fine di raggiungere questa sostenibilità è fondamentale:

- investire nell'innovazione tecnologica al fine di promuovere il progresso;
- creare prodotti e servizi che possano essere realmente utili per soddisfare i bisogni della collettività.

Le aziende ecologicamente sostenibili impiegano nel loro processo produttivo solo le risorse naturali che vengono consumate ad un tasso più basso rispetto a quello di riproduzione o allo sviluppo di risorse sostitutive. Inoltre, esse sono a “emissioni zero”, con questo termine si vuole intendere per l'esattezza emissioni nette zero, la quale rappresenta una condizione in cui l'azienda non causa emissioni che si accumulano nell'ambiente in numero superiore a quanto il sistema naturale riesce ad assorbirle ed eliminarle. Dunque, le aziende devono rispettare l'ambiente e le pratiche che possono mettere in atto sono:

- utilizzare responsabilmente le risorse naturali: efficienza energetica di uffici e stabilimenti produttivi, salvaguardare flora e fauna locali, smaltire adeguatamente le acque reflue ecc.;
- utilizzare energie rinnovabili: produzione di energia green tramite impianti fotovoltaici ed eolici;

- ridurre l'impatto ambientale: limitare le emissioni di CO2, diminuire il consumo d'acqua, impiegare materiali riciclati e riciclabili e smaltire adeguatamente i rifiuti;
- integrare la mobilità sostenibile: fornire ai dipendenti veicoli elettrici o incentivarli ad usare il trasporto pubblico, il bike sharing, il car pooling ecc.;
- utilizzare soluzioni circolari: sostenere il recupero, riciclo e riuso dei prodotti impiegati in azienda.

Le aziende socialmente sostenibili sono in grado di aggiungere valore alla società in cui operano, accrescendo il capitale umano dei singoli partner ed incentivando il capitale sociale di queste società. Il capitale sociale viene gestito dall'azienda per far sì che gli stakeholders accettino e condividano il sistema di valori aziendali.

L'azienda per fare ciò ha il compito di assicurare:

- la sicurezza sul lavoro: l'azienda deve adottare misure rigide per salvaguardare la vita dei dipendenti;
- i diritti dei lavoratori: l'azienda deve assicurare una giusta retribuzione e implementare politiche di welfare sociale;
- la giustizia e l'uguaglianza dei lavoratori: compito dell'azienda è quello di garantire l'inclusione sociale⁷.

⁷ *Ibidem.*

1.3 L'importanza della sostenibilità nel vantaggio competitivo delle imprese

“Il vantaggio competitivo nasce dal valore che un'azienda è in grado di creare... Il valore è ciò che gli acquirenti sono disposti a pagare, e un valore superiore deriva dall'offerta di prezzi inferiori a quelli dei concorrenti per prestazioni equivalenti o dalla fornitura di prestazioni uniche che compensano i prezzi più elevati.”⁸.

“Un'azienda è profittevole se il valore che genera supera i costi di creazione del prodotto. Creare un valore per gli acquirenti che superi i costi è l'obiettivo di qualsiasi strategia generica. Il valore, invece del costo, deve essere utilizzato per analizzare la posizione competitiva.”⁹. Porter ritiene che il vantaggio competitivo lo si può capire solo nel caso in cui l'azienda non viene considerata come un tutto unico, ovvero questo vantaggio scaturisce dallo svolgimento delle attività separate essenziali per progettare, produrre, vendere, distribuire e assistere i suoi prodotti¹⁰.

La sostenibilità, nel momento in cui viene incorporata in azienda, consente di ottenere un vantaggio dal punto di vista etico verso la comunità e un vantaggio rispetto ai concorrenti. Quindi, permette di acquisire non solo vantaggi ambientali e sociali, ma anche economici.

⁸ M. E. Porter, *Competitive advantage: creating and sustaining superior performance*, Free Press, New York, 1985 pag. 3.

⁹ *Ivi*, pag. 38

¹⁰ *Ivi*, pag. 43

Nel breve periodo, potrebbe risultare svantaggioso intraprendere un percorso di sostenibilità, specialmente se l'azienda è first mover, poiché una gestione sostenibile causa molti costi (come formazione del personale verso pratiche sostenibili, investimenti in materie prime o fattori ecologici più costosi) che possono superare di gran lunga i ritorni economici. Molteplici studi¹¹ sostengono che nel medio-lungo periodo il vantaggio che l'azienda potrà ottenere sarà significativo poiché il ritorno finanziario sarà di gran lunga superiore all'investimento effettuato.

La sostenibilità aziendale è un fattore competitivo di successo, un elemento di differenziazione da mantenere e preservare nel medio-lungo periodo, poiché permette all'impresa di conseguire, stabilmente, una profittabilità e redditività superiore rispetto ai concorrenti, giacché risulta di difficile imitazione. Dunque, le aziende che integrano la sostenibilità nelle strategie aziendali conquistano un vantaggio competitivo nettamente superiore rispetto a quello dei competitors.

Tramite la sostenibilità un'azienda può raggiungere il cosiddetto "Oceano blu", ovvero una posizione di vantaggio competitivo originata da fattori di differenziazione e innovazione sostenibili.

¹¹ E. Perez de Toledo, E. Bocatto, *The Impact of Environmental, Social and Governance (ESG) Standards on the Value of Cash Holdings: Evidence from Canadian Firms*, SSRN Electronic Journal, Canadian Academic Accounting Association (CAAA) Annual Conference, 2015.

La strategia di “Oceano blu”, concepita da Chan Kim¹², rappresenta metaforicamente i mercati come due oceani paralleli di colore diverso: oceano rosso e oceano blu.

“Oceano rosso” rappresenta un mercato in cui i manager operano da parecchio tempo ed è caratterizzato da una competizione aggressiva, da una lotta che porta al “sangue” e quindi al tingersi di rosso dell’oceano. In questo “oceano” si cerca di avere performance superiori dei concorrenti per ottenere una quota sempre maggiore della domanda esistente. Andando avanti col tempo il mercato si affolla sempre di più e le prospettive di crescita si riducono drasticamente così come si riducono i margini di profitto.

“Oceano blu”, invece, rappresenta un mercato nuovo caratterizzato da una nuova domanda e da fattori di innovazione con opportunità di crescita profittevole e dove la concorrenza è nulla o irrilevante.

La letteratura afferma che la sostenibilità implementata in azienda consente alle aziende di ottenere un vero e proprio vantaggio competitivo in termini di:

¹² W. Chan Kim, R. Mauborgne, *Blue Ocean Strategy. How to create Uncontested market space and make the competition irrelevant*, Boston, Harvard Business School Press, 2015.

- migliore immagine e reputazione aziendale: rafforzamento e maggiore fedeltà al brand, accrescimento della soddisfazione dei consumatori, maggiore fidelizzazione ed attrattività della clientela, ecc;
- migliore posizione sul mercato del lavoro: crescita del benessere e della motivazione dei lavoratori, clima aziendale positivo, incremento del livello di produttività, efficienza operativa, riduzione del tasso di assenteismo e turnover, diminuzione dei costi di coordinamento e monitoraggio, raggiungimento degli obiettivi aziendali, ecc;
- riduzione dei costi legati alle attività produttive: limitazione dell'uso delle risorse, processi produttivi più efficienti, ecc;
- maggiore capacità di attrarre capitali: l'interesse del mercato finanziario e quindi la voglia di investire è maggiore nei confronti di aziende sostenibili e trasparenti;
- gestione del rischio: riduzione dei rischi sociali ed ambientali legati alle attività aziendali, riduzione dei costi di boicottaggio o di cause legali, ecc.¹³

I vantaggi competitivi che un'azienda può ottenere dall'essere sostenibile consistono nello sviluppo eco-sostenibile di processi e prodotti che il mercato

¹³ G. Lombardo, *Economia e gestione delle imprese sostenibili*, McGraw Hill, Milano, 2013.

richiede fortemente e nell'utilizzo delle argomentazioni green: dall'accesso al green public procurement all'incremento del capitale reputazionale¹⁴.

La sostenibilità sicuramente rappresenta un driver di crescita dell'azienda ma affinché sia un elemento distintivo è importante che sia supportata da una corretta strategia di comunicazione.

Infine, oltre ai vantaggi competitivi, altri vantaggi che si possono ottenere dall'essere sostenibile sono:

- vantaggi industriali: che possono sia portare all'analisi ed alla verifica ambientale del processo produttivo aziendale sia permettono di identificare delle aree di miglioramento ed efficientamento (ambientale ed economico);
- vantaggi normativi: che comportano un adattamento immediato o anticipato alle norme di carattere ambientale¹⁵.

1.4 I modelli di business sostenibile

Non esiste una definizione univoca ed universale di modello di business. Tra le definizioni più significative sicuramente c'è quella di Alex Osterwalder (2010)¹⁶, il

¹⁴ F. Rossi, *Marketing e comunicazione della sostenibilità. Un nuovo vantaggio competitivo tra etica e nuovi modelli di business*, Edizioni Ca' Foscari, Venezia, 2017, pag. 84.

¹⁵ *Ivi*, pag. 83.

¹⁶ A. Osterwalder, Y. Pigneur, *Business model generation*, 2010, Wiley & Sons, Hoboken, pag. 14.

quale afferma che un modello di business descrive la logica in base alla quale un'organizzazione crea, distribuisce e cattura valore.

Il modello di business consente ad un'organizzazione di capire la propria struttura e adattarla ai propri obiettivi strategici in modo da poter creare valore. Inoltre, è molto utile per organizzare le attività ed i processi aziendali; individua clienti, fornitori e gli elementi essenziali del processo di produzione; illustra cosa produce l'azienda, come lo produce, per chi e con quali risorse.

Gli scenari per il 2050 del Dipartimento per l'energia e il cambiamento climatico del Regno Unito (DECC, 2012) hanno come obiettivo una riduzione dell'80% dei gas serra entro il 2050 rispetto al 1990. Gli scenari per il 2050 della Commissione europea mirano ad un'economia a impatto zero sul clima entro il 2050. Al fine di garantire una sostenibilità a lungo termine sono necessari cambiamenti nel sistema industriale globale, che vadano oltre le iniziative di eco-efficienza e che mirino a riconsigliare il "modus operandi" delle imprese.

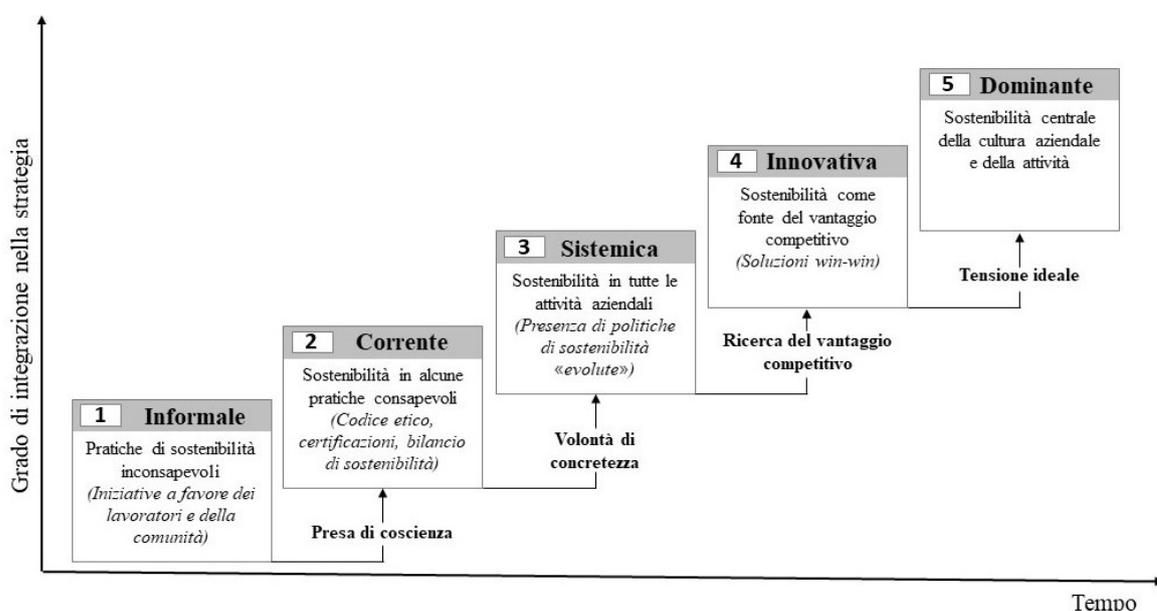
Per mirare ad un futuro sostenibile, le aziende devono prendere in considerazione l'adozione di modelli di business. Questi modelli integrano un approccio Triple Bottom Line e considerano gli interessi degli stakeholder ed il rispetto dell'ambiente e della società. Inoltre, aiutano ad incorporare la sostenibilità negli

obiettivi e nei processi aziendali, attraverso l'innovazione ed infine fungono da motore chiave per raggiungere un vantaggio competitivo aziendale¹⁷.

L'integrazione della sostenibilità in azienda può avvenire solo in modo graduale e con un impegno continuo. A questo scopo sono stati individuati cinque stadi che portano ad un'integrazione crescente dei principi della sostenibilità all'interno dell'azienda¹⁸.

I passaggi da uno stato a quello successivo sono illustrati in figura 1.2:

Fig. 1.2 - L'integrazione della sostenibilità nella strategia aziendale



Fonte 1.2 - M. Pedrini, M.C.Zaccone, *Le aziende diventano sostenibili. L'integrazione di aspetti sociali e ambientali nella gestione delle aziende*, Pearson, Milano 2019.

¹⁷ N. M. P. Bocken, S. W. Short, P. Rana, S. Evans, *A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes*, Journal of World Business, 2013, pag. 42, Vol. 65.

¹⁸ M. Pedrini, M.C.Zaccone, *Le aziende diventano sostenibili. L'integrazione di aspetti sociali e ambientali nella gestione delle aziende*, Pearson, Milano, 2019.

Nello stadio informale l'azienda attua pratiche sostenibili occasionali, spesso inconsciamente, ad esempio fornendo assistenza finanziaria e buoni pasto ai propri dipendenti, facendo donazioni a favore di organizzazioni non profit e associazioni, limitando l'uso della carta o le emissioni di carbonio ecc.

Nel momento in cui l'azienda è cosciente di aver adottato queste attività all'insegna della sostenibilità vi è il passaggio allo stadio corrente, nel quale l'attuazione di pratiche avviene in modo consapevole e ragionato. Alcuni esempi di iniziative sono la redazione di un codice etico, di un bilancio sociale o di sostenibilità ed il conseguimento di certificazioni ambientali e sociali.

Il passaggio allo stato sistematico avviene nel momento in cui si manifesta la volontà di realizzare strategie sostenibili in tutte le attività aziendali. Ad esempio, la funzione risorse umane potrebbe attuare iniziative col fine di sviluppare il benessere dei dipendenti, l'azienda potrebbe chiedere ai propri fornitori di adottare comportamenti etici e la funzione logistica potrebbe realizzare strategie col fine di ridurre gli impatti negativi sull'ambiente.

Il superamento del terzo stadio e quindi il passaggio a quello innovativo, lo si ha nel momento in cui l'azienda concepisce la sostenibilità come un vantaggio competitivo. In questo stadio l'azienda mira a soddisfare i consumatori più attenti agli aspetti socio-ambientali, i quali sono capaci di generare vantaggi per l'azienda in termini di margini più elevati oppure di costi e rischi minori.

Infine, nell'ultimo stadio definito dominante, la sostenibilità assume un ruolo centrale nella cultura aziendale.

Molteplici sono le definizioni di business sostenibile che sono state date nel corso degli anni. Di seguito verrà fatta una rassegna delle più significative.

Stubbs e Cocklin (2008)¹⁹ ritengono che un'azienda sia sostenibile soltanto nel caso in cui il modello neoclassico dominante nell'impresa non venga integrato con aspetti ambientali e sociali ma trasformato. Inoltre, affermano che un'impresa, adottando un modello di business sostenibile, può raggiungere la sostenibilità a livello aziendale e del sistema di cui l'organizzazione aziendale fa parte. Nel primo caso sviluppando capacità interne, strutturali e culturali; nel secondo collaborando con gli stakeholder principali.

Lüdeke-Freund (2010)²⁰ ritiene che un modello di business sostenibile possa creare un vantaggio competitivo tramite un valore maggiore per il cliente e concorre ad uno sviluppo sostenibile dell'azienda e della società.

Garetti e Taisch (2012) sostengono che: “i modelli di business sostenibili salvaguardano l'ambiente ed allo stesso tempo migliorano la qualità della vita dell'uomo. Inoltre, affermano che questi modelli hanno una prospettiva di mercato

¹⁹ W. Stubbs, C. Cocklin, *Conceptualizing a “Sustainability Business Model”*, *Organization & Environmental*, 2008, pag. 103, Vol. 21 No. 103.

²⁰ F. Lüdeke-Freund, *Towards a conceptual framework of 'business models for sustainability'*, ERSCP-EMSU Conference, 2010, pag. 17.

globale, tenendo conto dello sviluppo dei nuovi paesi industrializzati e della necessità di prodotti e servizi più sostenibili”²¹.

Schaltegger et al. (2012)²² ritengono che un modello di business per la sostenibilità abbia come fine quello di creare valore per la società e per i clienti con l’integrazione di attività sociali, ambientali e commerciali.

Boons e Lüdeke-Freund (2013)²³ identificano quattro peculiarità che differiscono un modello di business sostenibile da un modello di business tradizionale:

- la proposta di valore assegna un valore ecologico e sociale misurabile congiuntamente ad un valore economico;
- la catena di fornitura comprende i fornitori che si assumono la responsabilità sia nei confronti dei propri stakeholder e sia di quelli dell’azienda focale;
- l’interfaccia con il cliente motiva quest’ultimo ad assumersi la responsabilità dei propri consumi e degli stakeholder dell’azienda;

²¹ M. Garetti M. Taisch, *Sustainable manufacturing: trends and research challenges*, Production Planning & Control, 2012, pag.88, Vol. 23 No. 1.

²² S. Schaltegger, F. Lüdeke-Freund, E. G. Hansen, *Business cases for sustainability: the role of business model innovation for corporate sustainability*, International Journal of Innovation and Sustainable Development, 2012, pag. 112, Vol.6, No. 2.

²³ F. Boons, F. Lüdeke-Freund, *Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda*, Journal of World Business, 2013, pag. 13, Vol.45.b

- il modello finanziario deve tenere conto sia di una corretta distribuzione dei costi e dei benefici economici tra gli attori coinvolti e sia degli impatti ambientali e sociali dell'impresa.

Upward e Jones (2015)²⁴ ritengono che: “Il modello di business sostenibile sia la definizione con cui un'impresa determina i fattori di produzione, i flussi di risorse, le decisioni di valore appropriati e il suo ruolo negli ecosistemi, siano essi naturali, sociali o economici. Le misure di sostenibilità sono gli indicatori che valutano i risultati e gli effetti delle decisioni del modello di business”.

Abdelkafi and Täuscher (2016)²⁵ sostengono che i modelli di business sostenibili aggregano la sostenibilità nella fase della proposta e della creazione del valore e quindi sono capaci di creare valore non solo ai clienti dell'azienda ma anche all'ambiente ed alla società.

Geissoderfer et al. (2016)²⁶ definiscono un modello di business sostenibile come una rappresentazione semplificata di elementi. La connessione tra questi elementi

²⁴ A. Upward, P. Jones, *An ontology for strongly sustainable business models: defining an enterprise framework compatible with natural and social science*, Organization & Environment, 2015, pag. 98, Vol. 29 No. 1.

²⁵ N. Abdelkafi, K. Täuscher, *Business models for sustainability from a system dynamics perspective*, Organization & Environment, 2016, pag. 75, Vol. 29 No. 1.

²⁶ M. Geissdoerfer, N.M.P. Bocken, E. J. Hultink, *Design thinking to enhance the sustainable business modelling process – A workshop based on a value mapping process*, Journal of World Business, 2016, pag.1219, Vol. 135 No. 1.

e l'interazione con gli stakeholders crea, fornisce, acquisisce e scambia valore sostenibile per e con il sostegno di diverse parti interessate.

La letteratura finora disponibile mette in evidenza due aspetti fondamentali. Il primo riguarda il processo di creazione di valore, il quale è centrale in qualsiasi modello di business e quindi anche quello sostenibile. Il secondo aspetto riguarda il fatto che in un modello di business sostenibile è da prendere in considerazione anche la distruzione del valore: capire quale valore viene distrutto è tanto importante quanto lo è la creazione del valore per l'ambiente e la società.

Le definizioni forniteci dalla letteratura hanno in comune il fatto di considerare i modelli di business sostenibili come una modifica del concetto di business convenzionale. Quest'ultimo ingloba concetti, principi e obiettivi che puntano alla sostenibilità; oppure integra la sostenibilità nella fase della proposta del valore, nelle attività di creazione e fornitura del valore e/o nei meccanismi di cattura del valore.

Geissdoerfer, Vladimirova ed Evans (2018) definiscono "i modelli di business sostenibili come modelli di business che incorporano una gestione proattiva multi-

stakeholder, la creazione di valore monetario e non monetario per un'ampia gamma di stakeholder ed una prospettiva a lungo termine”²⁷.

Geissoderfer, Vladimirova ed Evans (2018)²⁸ individuano dal loro studio 4 tipi di modelli di business sostenibili:

- modelli di business circolari: si tratta di modelli di business che stanno chiudendo, rallentando, intensificando, smaterializzando o restringendo i cicli di risorse;
- imprese sociali: sono modelli di business che puntano all'impatto sociale generando profitti dall'attività economica o reinvestendoli totalmente;
- soluzioni per il fondo della piramide: si tratta di modelli di business che si rivolgono ai clienti posti alla base della piramide del reddito;
- Sistemi prodotto-servizio: sono modelli di business che integrano prodotti e servizi nelle offerte per i clienti che forniscono un prodotto, una funzionalità o un risultato.

Inoltre, nello studio sono state individuate diverse strategie di modelli di business sostenibili:

²⁷ M. Geissdoerfer, D. Vladimirova, S. Evans, *Sustainable business model innovation: a review*, *Journal of World Business*, 2018, pag. 402, Vol. 198.

²⁸ *Ivi*, pag. 408.

- massimizzare l'efficienza dei materiali e dell'energia: l'obiettivo è ridurre l'impiego di materiali ed energia attraverso processi più efficienti;
- chiudere i circuiti delle risorse: l'obiettivo è chiudere i cicli delle risorse attraverso il riutilizzo, la rifabbricazione e il riciclaggio;
- sostituire con fonti rinnovabili e processi naturali: questa strategia mira a sostituire le risorse non rinnovabili con quelle rinnovabili e i processi artificiali con quelli che imitano o utilizzano i processi presenti in natura;
- fornire funzionalità piuttosto che proprietà: ovvero, mira a fornire all'utente le funzionalità di cui ha bisogno senza che egli possieda il prodotto che fornisce il servizio;
- adottare un ruolo di amministrazione: lo scopo di questa strategia è proteggere i sistemi naturali introducendo un gatekeeper abbia il compito di controllare l'accesso o incentivare determinati comportamenti;
- incoraggiare la sufficienza: punta a fornire informazioni e incentivi che incoraggino a ridurre i consumi;
- riutilizzo per la società o l'ambiente: l'intento è utilizzare le risorse e le capacità organizzative al fine di creare benefici sociali e ambientali;
- creazione di valore inclusivo: questa strategia fornisce valore a stakeholder precedentemente non considerati o a includerli nel processo di creazione del valore;

- sviluppare soluzioni di scale-up: il fine è sviluppare soluzioni di scale-up sostenibili.

L'innovazione del modello di business sostenibile è riconosciuta come una parte centrale della gestione strategica di un'azienda, capace di generare vantaggi competitivi decisivi. Essa riguarda un cambiamento nel modo di fare business e va oltre le semplici innovazioni di prodotto e di processo²⁹.

Bocken et al. (2013) definiscono le innovazioni dei modelli di business sostenibili come: "Innovazioni che creano impatti positivi significativi e/o impatti negativi significativamente ridotti per l'ambiente e/o la società, attraverso cambiamenti nel modo in cui l'organizzazione e la sua rete di valore creano, forniscono e catturano valore (cioè creare valore economico) o modificando le loro proposte di valore"³⁰.

I processi di innovazione aziendale sostenibile mirano specificamente a incorporare nel modello aziendale un valore sostenibile e una gestione proattiva di un'ampia gamma di stakeholder (Geissdoerfer et al. 2016)³¹.

L'innovazione del modello di business sostenibile descrive i processi tramite i quali vengono sviluppati nuovi modelli di business da parte delle imprese e dei loro

²⁹ C. Zott, R. Amit, *Business model innovation: how to create value in a digital world*, GfK Marketing Intelligence Review, 2012, Vol. 9 No.1.

³⁰ *Ivi*, pag 44.

³¹ *Ivi*, pag. 1220.

manager e come le aziende trasformano il loro modello di business al fine di renderlo sostenibile (Roome e Louche, 2016)³².

Le quattro possibili innovazioni per passare da un modello di business ad uno sostenibile sono:

- la creazione di una nuova start-up che segua un modello di business sostenibile;
- l'identificazione e l'acquisizione di un nuovo modello di business sostenibile all'interno dell'organizzazione aziendale;
- la modifica dell'attuale modello di business trasformandolo in uno che segua i principi di sostenibilità;
- il mantenimento del modello di business tradizionale con l'integrazione di un modello di business sostenibile³³.

³² N. Roome, C. Louche, *Journeying Toward Business Models for Sustainability: A conceptual model found inside the black box of organisational transformation*, Organization & Environment, 2016 pag. 12, Vol. 29 No. 1.

³³ *Ivi*, pag. 403.

CAPITOLO 2

LA SOSTENIBILITÀ DIGITALE

2.1 Cos'è la sostenibilità digitale?

La sostenibilità digitale viene definita da Mondejar et al. (2021)³⁴ come l'insieme delle attività svolte in un'azienda attraverso l'uso delle tecnologie innovative, al fine di raggiungere uno sviluppo sostenibile. Questa definizione viene ripresa anche da Gerard George et al. (2021)³⁵ che introduce in più il concetto di valore socio-ecologico come obiettivo guida di queste attività, da inserire direttamente nella proposta economica dell'impresa.

Gli attori della sostenibilità digitale si occupano del coordinamento, a livello di ecosistema, tra soggetti diversi consentendo loro di lavorare insieme per raggiungere obiettivi comuni legati allo sviluppo sostenibile, attraverso l'impiego di tecnologie innovative per la creazione, l'uso, la trasmissione o l'acquisizione di dati elettronici.

³⁴ M. E. Mondejar, R. Avtar, H. L. B. Diaz, R. K. Dubey, J. Esteban, A. Gómez-Morales, B. Hallam, N. T. Mbungu, C. C. Okolo, K. A. Prasad, Q. She, S. Garcia-Segura, Digitalization to achieve sustainable development goals: Steps towards a Smart Green Planet, *Science of The Total Environment*, 2021, pag. 3, Vol. 794, No. 148539.

³⁵ G. George, R. K., Merrill, S. J. D., Schillebeeckx, *Digital sustainability and entrepreneurship: how digital innovations are helping tackle climate change and sustainable development*, *Entrepreneurship Theory and Practice*, 2021, pag. 1000, Vol. 45 No. 5.

Per raggiungere un futuro sostenibile, la sostenibilità digitale deve essere intesa come un insieme di valori capaci di coordinare gli sforzi dell'uomo, ovvero di attori sia pubblici che privati, nello sviluppo e nell'adozione delle tecnologie digitali.

La sostenibilità non può prescindere dalla trasformazione digitale, strumento necessario per costruire un futuro migliore, ed il futuro sarà migliore se sostenibile.

La trasformazione digitale, secondo Epifani³⁶, non guarda soltanto al come si fanno le cose, ma definisce cosa abbia senso fare in un contesto che vede nel digitale un elemento di trasformazione di persone, ambiente, economia e società.

“La sostenibilità digitale indica nel contempo il ruolo delle tecnologie digitali quali strumenti per lo sviluppo di un futuro sostenibile e la direzione da dare alla tecnologia digitale perché sia sviluppata sulla base di criteri di sostenibilità”³⁷.

Affinché venga fatto un uso efficiente delle tecnologie per creare valore economico, sociale e ambientale, per Sparviero e Ragnedda (2021)³⁸ è opportuno che gli individui abbiano un alto livello di alfabetizzazione digitale.

L'UNESCO nel 2018 ha istituito una task force di esperti e rappresentanti dei paesi col fine di dare una definizione di alfabetizzazione digitale. La definizione adottata

³⁶ S. Epifani, *Sostenibilità digitale: Perché la sostenibilità non può prescindere dalla trasformazione digitale*, Roma, Digital Transformation Institute, 2020.

³⁷ S. Epifani, *Fondazione per la sostenibilità digitale*, 2021.

³⁸ S. Sparviero, M. Ragnedda, *Towards digital sustainability: the long journey to the sustainable development goals 2030*, *Digital Policy, Regulation and Governance*, 2021, pag. 217, Vol. 23 No. 3.

è la seguente: “l’alfabetizzazione digitale è la capacità di accedere, gestire, comprendere, integrare, comunicare, valutare e creare informazioni in modo sicuro e appropriato attraverso dispositivi digitali e tecnologie di rete per la partecipazione alla vita economica e sociale. Comprende competenze che sono variamente denominate alfabetizzazione informatica, alfabetizzazione ICT, alfabetizzazione informatica e alfabetizzazione mediatica”³⁹.

L’alfabetizzazione digitale è una componente essenziale negli obiettivi di sviluppo sostenibile, infatti, l’obiettivo 4.4 ha come fine quello di aumentare il numero di giovani e adulti con competenze specifiche (anche tecniche e professionali) per l’occupazione di posti di lavoro dignitosi e per l’imprenditoria⁴⁰.

Se, da un lato, le tecnologie digitali sono di grande aiuto per raggiungere gli obiettivi di sviluppo sostenibile, dall’altro, possono comportare anche effetti negativi sull’ambiente, sull’economia, sulla società e sugli individui. La pandemia ha reso evidente come le competenze digitali, internet ad alta velocità, hardware e software affidabili sono capaci di influenzare la qualità della vita poiché sono indispensabili per il lavoro, l’istruzione, la salute e l’interazione sociale. Ad esempio nel Regno Unito, così come in tutto il mondo, vi sono forti disuguaglianze per quanto riguarda l’accesso alla tecnologia e le competenze digitali di base. In

³⁹ UNESCO, *A Global Framework of Reference on Digital Literacy Skills for Indicator 4.4.2*, 2018.

⁴⁰ ONU, *Agenda 2030*.

base ai dati forniti dal Digital Index circa 9 milioni di persone (16%) non sono capaci di utilizzare Internet ed il proprio dispositivo da soli e 11,7 milioni (22%) non possiedono alcuna competenza digitale.

Alcuni paesi o regioni non hanno accesso ad Internet e dunque, di conseguenza, non possono trarne alcun beneficio. L'accesso ad Internet così come il suo utilizzo è considerato indispensabile per realizzare lo sviluppo sostenibile e per questo alcune grandi società hi-tech tramite programmi offrono l'accesso gratuito ad internet con una navigazione limitata. Un esempio è il programma Free Basics che offre l'accesso ad Internet in più di 60 paesi ma esclusivamente ad una serie di siti web curati da Facebook. Dunque, se da una parte offrire l'accesso ad Internet è fondamentale per lo sviluppo sostenibile, dall'altra indirizzare l'accesso a risorse specifiche non è sostenibile e mina il diritto dell'autodeterminazione.

Dunque, quando si tratta di sostenibilità digitale bisogna fare un giusto uso delle tecnologie digitali al fine di ottimizzare i valori universali (uguaglianza, armonia e autodeterminazione), migliorare la qualità della vita, impattare positivamente sulla società e sull'economia sempre salvaguardando l'ecosistema⁴¹.

Le imprese per avere successo nelle attività commerciali e per raggiungere la sostenibilità digitale devono adattarsi alle tecnologie in continua evoluzione. Le

⁴¹ *Ivi*, pp. 223-225.

tecnologie hanno un ruolo decisivo ma ci sono anche altri fattori essenziali per puntare alla sostenibilità digitale come nuovi modelli di business, i differenti processi di produzione, le capacità inimitabili possedute da ogni impresa e l'imprenditorialità. Inoltre, è importante che le imprese abbiano una struttura organizzativa flessibile nel senso che siano capaci di adeguarsi ai continui cambiamenti ambientali e di modificare il proprio posizionamento sul mercato e di assumere nuove decisioni strategiche dettate dalle nuove condizioni.

La sostenibilità digitale si basa sulla capacità delle imprese di integrare il digitale nell'ambiente aziendale adattandolo ai processi gestionali⁴². Proprio per questo i manager e gli imprenditori di un'azienda devono essere bravi a scegliere le tecnologie più consone alla loro organizzazione e sostenere le innovazioni a valore aggiunto per poter raggiungere la sostenibilità digitale.

La sostenibilità digitale può essere presente solamente nelle aziende capaci di adattarsi alle dinamiche in continua evoluzione dell'economia digitale e di mantenere aggiornati i loro piani aziendali, i processi organizzativi e le strategie a breve e lungo termine⁴³.

⁴² D. Hidiroğlu, *Digital Sustainability in Businesses, Conflict Management in Digital Business*, Emerald Publishing Limited, 2022, pag. 241.

⁴³ *Ivi*, pp. 242-247.

Secondo la Global e-Sustainability Initiative (GESI) le innovazioni digitali possono concorrere al raggiungimento di tutti i 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile. Per condurre il mondo verso un percorso di sviluppo sostenibile, la tecnologia è fondamentale per modificare i modelli di produzione, di consumo e di interazione tra le persone e tra queste e l'ambiente. Quest'ultima, accompagnata dalla governance e dal cambiamento di mentalità fa parte dei tre fattori chiave definiti da Giovannini (2020)⁴⁴ per il raggiungimento della sostenibilità.

Un cambiamento culturale è importante poiché è vero che il digitale è uno strumento chiave per raggiungere la sostenibilità ma sono le persone che si occupano di implementarlo.

Il reale apporto del digitale dipende dai comportamenti legati al suo utilizzo. Proprio per questo motivo, per Tomasini (2023)⁴⁵, al fine di avere un giusto approccio alla sostenibilità digitale non deve mancare la consapevolezza.

Dunque, nelle imprese il cambiamento deve partire dalle persone e un ruolo decisivo per diffondere la cultura della sostenibilità digitale lo hanno soprattutto i CIO (Chief Information Officer). Il digitale per portare tutti i benefici sperati non deve essere circoscritto all'interno di una struttura dell'azienda ma deve essere parte

⁴⁴ *Ivi*, pag. 19.

⁴⁵ S. Tomasini, *Piccoli ma costanti interventi di sensibilizzazione per la Sostenibilità Digitale. intervista a Stefano Tomasini*, L. M. Papale, tech economy 2030, S. Epifani, 10 marzo 2023.

della sua cultura. Al contrario di Giovannini, Tomasini afferma che la tecnologia, le persone e la comunicazione sono i tre fattori fondamentali che permettono ad un'organizzazione aziendale di raggiungere la sostenibilità digitale.

2.2. I benefici della sostenibilità digitale per le imprese

Numerosi sono i benefici che le aziende possono ottenere adottando la sostenibilità digitale.

In primis le aziende decidono di intraprendere un percorso di sostenibilità digitale perché hanno a cuore il pianeta e dunque vogliono contenere il rischio di cambiamenti distruttivi come quelli climatici. Infatti, utilizzando tecnologie a basso impatto ambientale e ottimizzando i processi informatici è possibile ridurre l'impatto ambientale delle attività digitali, come il consumo energetico e l'emissione di gas serra.

Le organizzazioni dimostrando il loro impegno per l'ambiente e la società ottengono un miglioramento dell'immagine aziendale e della loro reputazione.

Un altro motivo è l'instaurarsi di un rapporto di fiducia con i clienti attuali e quelli potenziali legati ai temi della sostenibilità e che sono propensi ad acquistare da aziende che si impegnano nei confronti dell'ambiente e della società.

L'adozione della sostenibilità digitale aiuta le aziende a ridurre i costi operativi tramite la riduzione dei consumi e l'efficienza energetica, quest'ultima è possibile

tramite l'utilizzo di tecnologie a basso consumo energetico e la gestione efficiente delle risorse digitale.

Inoltre, consente alle aziende di rispettare le normative ambientali e sociali che in alcuni paesi stanno diventando sempre più rigide ed evitare sanzioni.

È possibile ottenere anche un miglioramento della sicurezza poiché con la sostenibilità digitale può essere migliorata la sicurezza delle proprie infrastrutture e dei propri dati, riducendo il rischio di attacchi informatici e di perdita di informazioni sensibili.

Altri benefici che è possibile ottenere riguardano l'aspetto innovativo ed economico. Intraprendere o migliorare un processo di digitalizzazione incentrato sulla sostenibilità comporta l'utilizzo di tecnologie innovative, più efficienti e funzionali rispetto a quelle passate. Maggiore efficienza comporta anche maggiore sostenibilità dal punto di vista economico poiché aumenta la produttività tramite la semplificazione dei processi di lavoro e l'eliminazione di attività a basso valore aggiunto e vengono ridotti tempi e costi per svolgere determinate attività aziendali.

La sostenibilità digitale consente una velocità di accesso alle informazioni e di condivisione dei dati per via elettronica. Per mezzo dei sistemi digitali è possibile conoscere prontamente un'elevata quantità di informazioni aggiornate come le richieste dei clienti, lo stato attuale dei fornitori e la situazione dei mercati

finanziari. Tutto questo permette alle imprese di posizionarsi sul mercato in funzione della situazione corrente e di rivedere le proprie strategie commerciali e i piani aziendali a breve termine. Grazie alle strategie istantanee adottate, risulta più facile fornire un feedback simultaneo sulle richieste attuali e aspettative dei clienti, manager, fornitori e dipendenti e i database aziendali possono essere sempre aggiornati⁴⁶.

La sostenibilità digitale è anche fondamentale per ridurre gli sprechi, le inefficienze, l'uso di risorse ed eliminare i colli di bottiglia.

In un'intervista fatta a Denicolai, professore di Innovation Management all'Università di Pavia, è stato trattato il tema della sostenibilità digitale come fonte di benefici per le aziende. Per ottenerli, l'Intelligenza artificiale è uno strumento fondamentale e tecnologie come i sensori per il monitoraggio ambientale ne sono un esempio. Questi sensori permettono di monitorare le emissioni, la qualità dell'aria, l'inquinamento acustico, gestire in modo efficiente l'illuminazione di un impianto, risparmiare energia e ottimizzare il consumo d'acqua. Dunque, un minor impatto ambientale dell'attività produttiva si traduce in un risparmio economico per l'azienda. Denicolai ritiene che tra i maggiori benefici apportabile dal digitale ci sia

⁴⁶ D. Hidiroğlu, *Digital Sustainability in Businesses*, Conflict Management in Digital Business, Emerald Publishing Limited, 2022, pag. 247.

quello di avere una sostenibilità data driven; perciò, basata su dati in tempo reale al fine di valorizzare i “digital data streams”⁴⁷.

Anche i Digital twin apportano numerosi benefici alle aziende. Essi sono sistemi virtuali capaci di replicare esattamente qualsiasi cosa del mondo reale come un’azienda, una fabbrica, un edificio, una linea di produzione o logistica e così via. Dunque, essendo in grado di simulare uno scenario che potrebbe avvenire nel mondo reale sono capaci anche di sostenere le imprese affinché facciano un uso più efficiente delle risorse, riducano le emissioni di CO₂, ottimizzino i flussi logistici e dei trasporti, incrementino la loro redditività, riducano i costi operativi e aumentino la sicurezza dei dipendenti. A livello industriale, il modello di sviluppo legato al Digital twin è capace di cambiare totalmente la progettazione, la produzione, le vendite e la manutenzione di prodotti. Tramite processi di produzione e collaborazioni più efficienti, sia interne che esterne, le aziende possono ridurre i tempi di produzione di prodotti complessi del 25% e ottenere risparmi del 10-15%⁴⁸.

Con la sostenibilità digitale le aziende possono aggiungere un valore unico che difficilmente sarà imitabile da altre aziende⁴⁹.

⁴⁷ S. Denicolai, *Colmare le mancanze: il futuro passa dalla Sostenibilità Digitale: intervista a Stefano Denicolai*, L. M. Papale, tech economy 2030, S. Epifani, 22 marzo 2023.

⁴⁸ S. Casini, *Le aziende possono tagliare la CO₂ con il Digital twin, il gemello digitale*, tech economy 2030, S. Epifani, 2023.

⁴⁹ *Ivi*, pag. 241.

2.3. I vantaggi ed i rischi per l'ambiente

È importante creare consapevolezza sul corretto utilizzo del digitale al fine di evitare i rischi connessi ad esso e sfruttare i possibili vantaggi per l'ambiente⁵⁰

Alcune tecnologie come l'hardware e i data center richiedono un elevato consumo energetico così come le tecnologie blockchain, le quali si basano su server che necessitano elevate quantità di energia per essere alimentati. Nel 2019 i data center Google in tre diversi stati hanno consumato 8,7 milioni di litri d'acqua e consumi pressoché simili sono causate anche da altre aziende tecnologiche come Amazon e Microsoft⁵¹.

Una parte importante delle emissioni di gas serra legate all'uso del digitale ed in particolare dei data center deriva dalla necessità di raffreddare tutti i componenti elettronici (come i processori) in funzione. Al fine di soddisfare in modo ecologico questa esigenza, sempre più data centers vengono costruiti in Scandinavia usando l'aria esterna o l'acqua del mare per raffreddare la componentistica elettronica, è il caso di Facebook in Svezia e Google in Norvegia e Finlandia⁵².

⁵⁰ L. M. Papale, *Il Decalogo della Sostenibilità Digitale: costruire consapevolezza sul duplice ruolo del digitale*, tech economy 2030, S. Epifani, 2022.

⁵¹ S. Sparviero, M. Ragnedda, *Towards digital sustainability: the long journey to the sustainable development goals 2030*, *Digital Policy, Regulation and Governance*, 2021, pag. 224, Vol. 23 No. 3.

⁵² T. Osburg, C. Lohrmann, *Sustainability in a Digital World: New Opportunities Through New Technologies*, Springer, Germania, 2020, pag. 169.

Secondo i risultati del rapporto Lean ICT⁵³ il consumo energetico derivante dalla produzione e dall'utilizzo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione aumenta del 9% ogni anno mentre l'intensità energetica del settore ICT (Information and Communication Technologies) sta crescendo del 4% annuo e la quota delle tecnologie nelle emissioni globali di gas serra è arrivata al 3,7%.

La tendenza storica è che per ogni aumento dell'1% del PIL globale, le emissioni di CO2 sono aumentate di circa lo 0,5% e l'intensità delle risorse dello 0,4%⁵⁴.

La produzione dei dispositivi digitali esige l'estrazione di minerali rari, danneggiando il sottosuolo, le falde acquifere e la fauna nonché un ingente consumo di combustibili fossili e di acqua. Questi dispositivi al termine del loro ciclo di vita diventano rifiuti elettronici che raramente possono essere riciclati e smaltiti ma una più efficiente progettazione e processo di produzione sono in grado di ridurre la dipendenza dalle materie prime. In aggiunta, la creazione di tecnologie sempre più efficienti è in grado di estendere la vita utile dei dispositivi riducendo la produzione di rifiuti elettronici e migliorando il loro riciclaggio⁵⁵.

⁵³ H. Ferreboeuf, *Lean ICT- Towards Digital Sobriety*, 2019, pag. 4.

⁵⁴ GeSI, *SMARTer2030 ICT solutions for 21st century challenges*, 2015, pag. 9.

⁵⁵ *Ivi*, pp. V-VI.

Comunque sia, nonostante i rischi, un corretto uso della digitalizzazione permette di ridurre considerevolmente le emissioni di CO2 facendo sì che il suo bilancio energetico sia positivo⁵⁶.

L'utilizzo di tecnologie digitali efficienti dal punto di vista energetico è capace di ridurre il consumo di energia elettrica necessario per alimentare server, dispositivi elettronici ed altre apparecchiature.

Lo studio "SMARTer 2030" della Global e Sustainability Initiative (GeSI), l'associazione del settore ICT per la sostenibilità, sostiene che le applicazioni ICT saranno in grado di evitare fino al 20% delle emissioni annuali di gas serra entro il 2030, mentre il settore ICT causerà solo l'1.97% delle emissioni globali di gas serra⁵⁷.

Inoltre, con le ICT si favorisce l'integrazione di energie rinnovabili e si può avere un aumento del 30% della resa delle colture agricole, il risparmio di oltre 300.000 miliardi di litri d'acqua e di 25 miliardi di barili di petrolio all'anno⁵⁸.

Un altro beneficio è sicuramente la riduzione dell'utilizzo della carta così da ridurre la deforestazione e l'inquinamento legato alla sua produzione.

⁵⁶ *Ibidem*.

⁵⁷ *Ivi*, pag. 9.

⁵⁸ GeSI, SMARTer2030 ICT solutions for 21st century challenges, 2015.

Infine, l'impiego di tecnologie digitali permette l'utilizzo di mezzi sostenibili o di ridurre la necessità di spostamenti fisici riducendo così le emissioni di gas serra derivanti dai trasporti.

Dunque, è evidente che il digitale ha un proprio impatto negativo sull'ambiente ma questo può essere contenuto e sicuramente è uno strumento determinante per la sostenibilità ambientale⁵⁹.

2.4. Il Digital Sustainability Index

Il Digital Sustainability Index (DiSI) è un indice elaborato nel 2022 dalla Fondazione per la Sostenibilità Digitale al fine di misurare la sostenibilità digitale di persone, organizzazioni e territori. Stefano Epifani ha affermato che il suo scopo è quello di misurare il livello di consapevolezza dell'utente nell'uso delle tecnologie digitali come strumenti di sostenibilità. Nello specifico punta a misurare i legami tra tre elementi dell'individuo:

- il livello di digitalizzazione: riguarda il rapporto tra la competenza che l'individuo ritiene di avere e quella effettiva deducibile da fattori oggettivi;
- il livello di sostenibilità: si intende il rapporto tra consapevolezza sul tema nella dimensione ambientale, economica e sociale e gli atteggiamenti e comportamenti che ne derivano;

⁵⁹ *Ibidem*.

- il livello di sostenibilità digitale: inteso come l'attitudine dell'individuo ad utilizzare con piena coscienza le tecnologie digitali come strumenti per sostenere la sostenibilità.

Il DiSI fornisce informazioni sul livello di digitalizzazione del territorio, di consapevolezza degli individui riguardo ai temi sostenibili e di utilizzo consapevole delle tecnologie come strumenti di sostenibilità con riferimento alla diffusione del digitale e della rilevanza dei comportamenti sostenibili che ne derivano.

Nel 2022 l'Istituto Piepoli per la Fondazione per la Sostenibilità Digitale si è occupato di analizzare tutte le regioni italiane e di calcolare il DiSI per ognuna di esse. L'indice è stato costruito su un campione rappresentativo della popolazione italiana sulla base di 3.600 interviste.

Il DiSI è uno strumento fondamentale per le amministrazioni per capire dove è necessario intervenire al fine di sostenere i cittadini e far comprendere loro l'importanza della sostenibilità digitale e i vantaggi che possono derivare da essa come l'economia circolare, la diffusione di strumenti utilizzati per il risparmio energetico, le applicazioni per la raccolta differenziata, il fair commerce, i comportamenti sostenibili ecc.

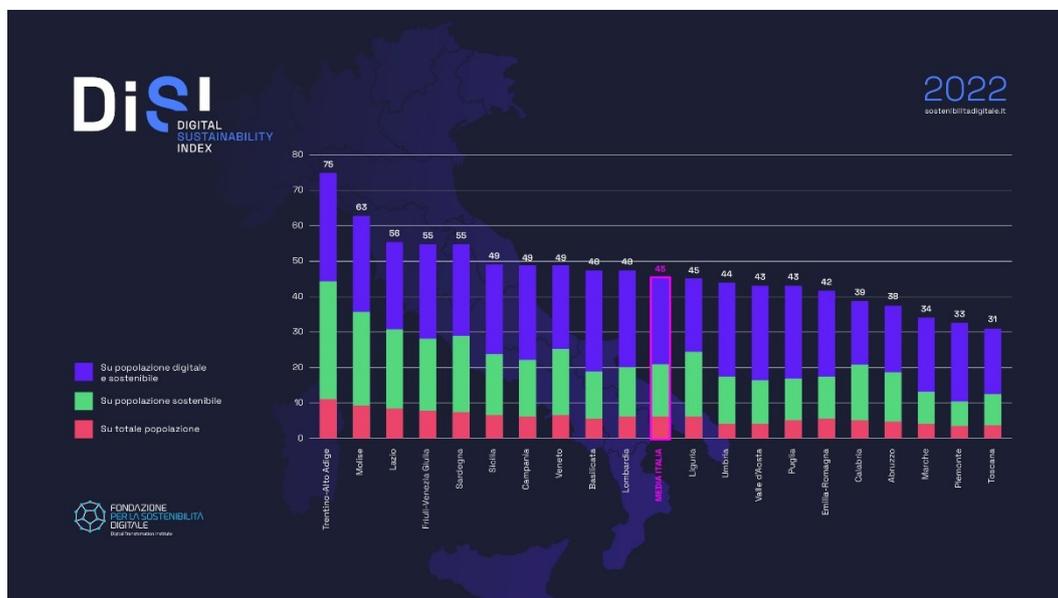
Epifani afferma che l'obiettivo principale dell'analisi è stato quello di comprendere quanto le persone fossero consapevoli del sostegno che la digitalizzazione è in grado di dare alla sostenibilità.

Per realizzare il DiSI sono stati presi in analisi quattro profili di popolazione contraddistinti da particolari predisposizioni nei confronti del digitale e della sostenibilità:

- sostenibili digitali: i quali hanno atteggiamento e comportamenti volti verso la sostenibilità e fanno uso di strumenti digitali;
- sostenibili analogici: si tratta di individui che hanno atteggiamento e comportamenti orientati alla sostenibilità ma non utilizzano dispositivi digitali;
- insostenibili digitali: sono persone che non hanno atteggiamento e comportamenti indirizzati alla sostenibilità ma usano strumenti digitali;
- insostenibili analogici: i quali né hanno atteggiamento e comportamenti orientati alla sostenibilità né utilizzano dispositivi digitali.

Nella figura 2.1 è rappresentato il valore del DiSI di ogni regione che è dato dal DiSI dei cittadini rapportato al totale degli abitanti della regione, ai soli abitanti della regione classificati come sostenibili ed a quelli che sono classificati sia sostenibili che digitali.

Figura 2.1 – Grafico regionale DiSI.



Fonte 2.1 - Fondazione per la Sostenibilità Digitale, Nasce il Digital Sustainability Index (DiSI) il primo indice italiano di misurazione della sostenibilità digitale, 2022, 22 aprile, comunicato stampa.

Dai risultati scaturiti dall'indagine emerge che in capo alla classifica vi è il Trentino-Alto Adige, che possiede un buon indice di digitalizzazione e di un elevato coefficiente di cittadini consapevoli che la tecnologia è di grande aiuto alla sostenibilità. Al secondo posto c'è il Molise che sebbene abbia un indice di digitalizzazione molto basso, presenta un numero elevato di cittadini che hanno a cuore sia la sostenibilità sia il digitale per supportarla. Seguono Lazio, Friuli-Venezia Giulia e Sardegna. In fondo alla classifica ci sono Marche, Piemonte e Toscana. Piemonte e Toscana benché abbiano un indice di digitalizzazione sopra

alla media italiana hanno un rapporto negativo tra utenti digitali e utenti digitali consapevoli del ruolo chiave che ha la tecnologia.

Nella figura 2.2 è rappresentata la mappa dell'Italia con il relativo DiSI di ogni regione:

Figura 2.2 – Mappa regionale DiSI.



Fonte 2.2 - Fondazione per la Sostenibilità Digitale, Nasce il Digital Sustainability Index (DiSI) il primo indice italiano di misurazione della sostenibilità digitale, 2022, 22 aprile, comunicato stampa.

Dunque, in base ai quattro profili individuati l'Italia presenta questa situazione:

- sostenibili digitali: sono il 26% degli italiani. Prevalentemente sono uomini di età compresa tra i 18 e i 44 anni (55%) che hanno conseguito una laurea,

possiedono un reddito superiore ai 30000 euro e vivono in grandi centri urbani del Nord Est e del Centro;

- sostenibili analogici: sono il 25% degli italiani. Per la maggior parte sono uomini di età compresa tra i 18 e i 44 anni (56%) che possiedono una laurea e un diploma, hanno un reddito massimo di 30000 euro e vivono in grandi centri urbani del Nord Ovest e del Sud e Isole;
- insostenibili analogici: sono il 31% degli italiani. Sono in maggior numero donne di età superiore ai 44 anni (58%) che hanno un diploma, un reddito massimo di 40000 euro e vivono in piccoli e medi centri urbani del Sud e Isole;
- sostenibili analogici: sono il 18% degli italiani. Sono sia uomini che donne con età superiore ai 44 anni (56%) che possiedono un titolo di studio medio basso e vivono in piccoli centri urbani del Nord e del Centro⁶⁰.

Inoltre, il DiSI è molto utile per accompagnare le aziende nel processo di digitalizzazione poiché va a misurare la loro capacità di adattamento e il loro successo nelle economie digitali⁶¹.

⁶⁰ Fondazione per la Sostenibilità Digitale, *Nasce il Digital Sustainability Index (DiSI) il primo indice italiano di misurazione della sostenibilità digitale*, 2022, 22 aprile, comunicato stampa.

⁶¹ D. Hidiroğlu, *Digital Sustainability in Businesses*, Conflict Management in Digital Business, Emerald Publishing Limited, 2022, pag. 251.

In una ricerca⁶² è stato calcolato il DiSI su 362 aziende in 14 paesi in base a cinque criteri di management e organizzazione, ossia:

- agilità;
- connettività;
- focus e disciplina;
- delega e conformità;
- apertura e trasparenza.

Il risultato prodotto vede le aziende statunitensi collocarsi al primo posto per la sostenibilità digitale e quindi possedere l'indice più alto. Seguono Inghilterra, Paesi Bassi, Australia e Germania che vantano un'ottima struttura tecnologica. Nella tabella 2.3 viene indicata la classifica completa dove l'indice è distribuito su 100 punti per paese:

Tabella 2.3 - Classifica del punteggio DiSI.

Paese	Punteggio
USA	89
Regno Unito	86
Paesi Bassi	79
Australia	75
Germania	74
Francia	55
Medio Oriente	50
Giappone	42
India	38

⁶² Ivi, pag.252.

Russia	37
Cina	30
Messico	26
Brasile	22
Turchia	16

Fonte 2.3 – D. Hidiroğlu, Digital Sustainability in Businesses, Conflict Management in Digital Business, Emerald Publishing Limited, 2022.

Gli Stati Uniti si trovano al primo posto in classifica grazie ai nuovi progetti di rinnovamento che puntano alla realizzazione degli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'Agenda 2030. Grazie alla costruzione di nuovi impianti con uso di energia rinnovabile, non solo hanno favorito alla riduzione del consumo energetico ma hanno anche contribuito alla crescita economica garantendo nuovi posti di lavoro. Nel febbraio 2021, le temperature molto basse hanno reso necessario l'intervento di azioni di sostenibilità ambientale ed energetica per i sistemi della cogenerazione a gas naturale e il collegamento più stabile alla rete distributiva degli impianti eolici. In particolare, a Los Angeles è stato introdotto un complesso piano di decarbonizzazione chiamato "LA100", che prevede il 100% dell'utilizzo di energia pulita entro il 2035. Un altro punto a favore è l'integrazione del digitale nei servizi pubblici con una notevole competenza digitale della popolazione.

Nel Regno Unito la popolazione è digitalmente attiva, grazie anche all'ottima offerta di servizi digitali sia del settore pubblico sia delle infrastrutture private. Il Paese, infatti, ha reso il "digitale" il suo punto di forza.

I Paesi Bassi si posizionano al terzo posto con un livello di digitalizzazione estremamente alto. Presentano un 85% di open data facendo prevalere una grande trasparenza nell'opinione pubblica. Il loro obiettivo è di usare il 50% dei materiali da economia sostenibile entro il 2030.

La Germania, che genera quasi un quarto del PIL europeo, punta ad uno sviluppo economico sostenibile grazie anche al sostegno da parte dello Stato con concessioni di finanziamenti e agevolazioni. Il Paese è estremamente digitalizzato, presentando un alto uso degli strumenti digitali per acquistare beni e servizi e nelle infrastrutture pubbliche.

La Francia presenta una discreta attenzione alla sostenibilità, infatti secondo l'INSEE, si posiziona nella media europea.

In coda alla classifica abbiamo il Messico, il Brasile e infine la Turchia.

Per quanto riguarda il Messico, il Paese presenta una grande ricchezza di risorse naturali e importanti investimenti nel settore dell'energia eolica e idroelettrica. Grazie ai finanziamenti di diversi Stati, è diventato uno dei più grandi esportatori di componentistica per la digitalizzazione e l'automazione. D'altro canto, mancano politiche e leggi per la protezione degli ecosistemi del Paese.

Il Brasile per quanto si presenta con un'elevata copertura internet sul territorio e un elevato numero di persone che utilizzano lo smartphone, rimane carente dal punto

di vista della pubblica amministrazione e nell'economia circolare. In più è ancora presente un alto tasso di spreco alimentare pro-capite. La grande disuguaglianza del Paese non permette uno sviluppo a livello aziendale.

Infine, la Turchia offre un'ampia gamma di servizi digitali di E-government e delle importanti misure per il miglioramento del sistema sanitario e dell'istruzione. Queste misure non sono però sufficienti a ridurre le disuguaglianze sociali e la popolazione presenta una scarsa attenzione per la salvaguardia delle risorse⁶³.

⁶³ ASSOCAMERESTERO, *Digital Sustainability Atlas*, 2022.

CAPITOLO 3

LE TECNOLOGIE PER LA SOSTENIBILITÀ DIGITALE

3.1 Intelligenza Artificiale (IA) e Machine Learning (ML)

L'“Enciclopedia Treccani” definisce l'intelligenza artificiale (IA) come: “La disciplina che studia se e in che modo si possano riprodurre i processi mentali più complessi mediante l'uso di un computer. Tale ricerca si sviluppa secondo due percorsi complementari: da un lato l'intelligenza artificiale cerca di avvicinare il funzionamento dei computer alle capacità dell'intelligenza umana, dall'altro usa le simulazioni informatiche per fare ipotesi sui meccanismi utilizzati dalla mente umana”⁶⁴.

Mentre l'“Enciclopedia Britannica” la definisce come: “La capacità di un computer digitale o di un robot controllato da un computer di eseguire compiti comunemente associati agli esseri intelligenti. Il termine è spesso applicato al progetto di sviluppo di sistemi dotati dei processi intellettuali caratteristici degli esseri umani, come la capacità di ragionare, generalizzare o imparare dall'esperienza passata”⁶⁵.

Dunque, l'IA riguarda il comportamento intelligente in sistemi artificiali. Questo comportamento comprende quattro capacità, ovvero ragionamento, apprendimento,

⁶⁴ Enciclopedia Treccani, *intelligenza artificiale*.

⁶⁵ Encyclopaedia Britannica, *What is artificial intelligence?*

comunicazione e azione in ambienti complessi. Tra gli obiettivi a lungo termine dell'IA vi è quello di sviluppare macchine aventi queste capacità.

Nell'IA, dal punto di vista operativo è possibile identificare due tipi di approcci: approccio simbolico o “top down” e approccio connessionista o “bottom up”. Il primo mira a replicare l'intelligenza a prescindere dalla struttura biologica del cervello. Il secondo approccio si basa sulla costruzione di reti neurali artificiali, puntando ad emulare la struttura del cervello⁶⁶. Le reti neurali sono un tipo di sistema informatico creato col fine di classificare le informazioni proprio come fa il cervello umano⁶⁷.

È possibile classificare l'intelligenza artificiale in due categorie: l'IA debole e l'IA forte. La prima riguarda sistemi tecnologici capaci di emulare alcune funzioni cognitive dell'uomo ma senza saper replicare le sue capacità intellettuali. Con la seconda i computer simulano unicamente il pensiero, la loro comprensione è solo fittizia e non reale. La seconda riguarda i sistemi cosiddetti “sapienti”, ossia capaci di sviluppare una propria intelligenza senza emulare le capacità cognitive dell'uomo⁶⁸.

⁶⁶ N. J. Nilsson. *Artificial Intelligence: a new synthesis*, Edizione italiana a cura di Salvatore Gaglio, Apogeo, Milano, 2002.

⁶⁷ T. Mills, *Machine Learning Vs. Artificial Intelligence: How are they different?*, Forbes, 2018.

⁶⁸ A. Agostinelli, *Intelligenza Artificiale cos'è e a cosa serve*, Mondadori Electa, 2020.

Il Machine Learning (ML), in italiano apprendimento automatico, è un ramo dell'intelligenza artificiale e riguarda la costruzione di macchine intelligenti in grado di elaborare dati e apprendere da sole, senza la continua supervisione dell'uomo⁶⁹.

Il Machine Learning riguarda la programmazione dei computer in modo tale che siano capaci di “imparare” dagli input che hanno a loro disposizione. In parole semplici “l'apprendimento è il processo di conversione dell'esperienza in competenza o conoscenza”⁷⁰. L'input di un algoritmo di apprendimento è rappresentato dai dati di formazione che costituiscono l'esperienza. Invece, l'output è una particolare competenza che generalmente è rappresentato da un altro programma nel computer capace di svolgere uno specifico compito⁷¹.

Il Deep Learning (DL) invece, è un sottoinsieme del Machine Learning in cui gli algoritmi di reti neurali artificiali funzionano come l'approccio di apprendimento gerarchico del cervello umano⁷².

⁶⁹ T. Mills, *Machine Learning Vs. Artificial Intelligence: How are they different?*, Forbes, 2018.

⁷⁰ S. Shalev-Shwartz, S. Ben-David, *Understanding Machine Learning, Cambridge University Press, 2014*, pag. 19.

⁷¹ *Ibidem*.

⁷² M. M. Najafabadi, F. Villanustre, T. M. Khoshgoftaar, N. Seliya, R. Wald, E. Muharmagia, *Applicazioni di deep learning e sfide nell'analisi dei big data*, Journal of Big Data, 2015, Vol. 2 No. 1.

L'intelligenza artificiale ha i suoi pro e i suoi contro. I vantaggi che è capace di apportare sono:

- attività 24 ore su 24, 7 giorni su 7. L'intelligenza artificiale non ha problemi di stanchezza come l'uomo e per questo che gli errori sono ridotti al minimo, i tempi di inattività sono inferiori e il livello di sicurezza è maggiore;
- capacità di analizzare velocemente un'elevata mole di dati. Un algoritmo di apprendimento automatico è capace di analizzare un enorme quantitativo di dati in pochi minuti e può anche fornire previsioni su accadimenti futuri mentre l'uomo ci impiegherebbe molto più tempo;
- maggiore sicurezza. L'IA punta a sostituire il lavoro pericoloso, dunque, può svolgere compiti che potrebbero minare la vita dell'uomo.

Per quanto riguarda gli svantaggi è importante comprenderli al fine di implementarla nel modo corretto. Tra questi figurano:

- mancanza di creatività. Le decisioni dell'intelligenza artificiale si basano su ciò che è accaduto in passato e dunque non è in grado di affrontare problemi o situazioni con metodi nuovi e innovativi;
- riduzione dell'occupazione. Anche se l'IA ha come fine quello di sostituire il lavoro ripetitivo e pericoloso comunque in generale potrebbe sostituire il lavoro dell'uomo;

- assenza di etica e moralità. Risulta difficile integrare etica e moralità nell'algoritmo, dunque, l'IA effettuerà scelte in base ai parametri impostati e l'assenza di queste due qualità può risultare un problema soprattutto in una situazione di emergenza⁷³.

In un'intervista⁷⁴ fatta a Gianluigi Greco, Presidente dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale (AIxAI), si è trattato dei benefici che l'IA, integrata in un'azienda, può apportare in termini di sostenibilità. Greco ritiene che questa tecnologia abbia un enorme potenziale capace di condurci in uno sviluppo sostenibile. Ad oggi, l'IA è più matura soprattutto nella dimensione ambientale. L'intelligenza artificiale è di grande utilità nell'ambito dell'economia circolare, poiché ad esempio è in grado di progettare automaticamente un prodotto con caratteristiche idonee per favorirla. Infatti, Greco è del parere che un'azienda deve realizzare prodotti che, ancor prima di essere commercializzati, devono essere pensati e progettati per l'economia circolare. L'IA è fondamentale anche per quanto riguarda la decarbonizzazione poiché è capace di calcolare l'impronta di carbonio di un'attività specifica e di fornire soluzioni efficaci col fine di ridurla. Inoltre, è utile per efficientare i processi di riciclo e smaltimento rifiuti. Un esempio di applicazione è il caso di Enea che ha realizzato uno Smart Bin, ovvero un

⁷³ Contributor, *The Pros And Cons Of Artificial Intelligence*, Forbes, 2022.

⁷⁴ G. Greco, *L'Intelligenza artificiale tra opportunità e criticità per lo sviluppo sostenibile: intervista a Gianluigi Greco (Presidente AIxIA)*, L. M. Papale, tech economy 2030, S. Epifani, 30 settembre 2022.

contenitore per rifiuti elettrici ed elettronici “intelligente” che premia con un buono sconto chi ricicla correttamente. Lo scontrino emesso da Smart Bin indica il quantitativo di emissioni di gas serra evitate così da far riflettere le persone sugli effetti che causano i loro comportamenti. Il fine di questo progetto è quello di realizzare un modello innovativo e replicabile che incentivi il corretto recupero, riuso e riciclaggio dei rifiuti elettrici ed elettronici secondo i principi dell’economia circolare⁷⁵. Dunque, l’intelligenza artificiale è di grande aiuto per salvaguardare l’ambiente ma bisogna stare attenti a non creare un effetto boomerang. L’IA richiede un grande dispendio di energia, per questo bisogna prestare attenzione nel suo utilizzo e sviluppare tecniche che non necessitino di grandi quantità di dati; una soluzione è quella di utilizzare fonti energetiche rinnovabili.

Anche nella dimensione sociale l’IA è in grado di fornire un grande contributo come quello di garantire un’equa distribuzione delle risorse o di fornire condizioni di benessere. Ad esempio, nel campo della telemedicina, è possibile realizzare beni come dispositivi indossabili capaci di misurare lo stato di salute di una persona soprattutto per coloro che necessitano di controlli periodici e non hanno un ospedale nelle vicinanze.

⁷⁵ S. Montegiove, *Dalla raccolta differenziata alle tecnologie digitali per il riciclo dei rifiuti*, tech economy 2030, Digital transformation for sustainability, 2020.

Greco conclude la sua intervista affermando che nell'utilizzo di questa tecnologia serve consapevolezza. Bisogna sapere come applicarla e conoscerne i limiti in modo da ottenere grandi vantaggi dalla sua applicazione⁷⁶.

Secondo il report IBM⁷⁷, basato su 7.502 aziende di tutto il mondo, il tasso di adozione dell'IA da parte delle imprese è aumentato costantemente fino ad arrivare al 35% nel 2022. L'IA sta consentendo alle aziende di sopperire alla mancanza di manodopera e di competenze automatizzando le mansioni ripetitive. Il 66% delle aziende sta pianificando di adottare l'intelligenza artificiale per conseguire i loro obiettivi di sostenibilità.

Le aziende con l'utilizzo di questa tecnologia col fine di automatizzare i processi IT, aziendali o di rete stanno riscontrando vantaggi come maggiore efficienza e risparmio di costi (54%), miglioramenti nelle prestazioni IT o di rete (53%) e migliori esperienze per i clienti (48%).

Allo stesso tempo ci sono degli ostacoli nell'adozione dell'IA, tra cui: ridotte capacità in materia (34%), prezzo elevato (29%), la mancanza di strumenti o piattaforme per sviluppare i modelli (25%), la complessità dei progetti che non permette la loro integrazione (24%) e l'elevata complessità dei dati (24%).

⁷⁶ G. Greco, *L'Intelligenza artificiale tra opportunità e criticità per lo sviluppo sostenibile: intervista a Gianluigi Greco (Presidente AIxIA)*, L. M. Papale, tech economy 2030, S. Epifani, 30 settembre 2022.

⁷⁷ IBM *Global AI Adoption Index 2022*, maggio 2022.

Inoltre, molte aziende non hanno adottato misure chiave al fine di garantire l'affidabilità dell'IA come la riduzione dei bias (74%), il monitoraggio delle variazioni di performance (68%) e la garanzia di essere capace di spiegare le decisioni basate sull'intelligenza artificiale (61%).

Dunque, come si evince da questo report sicuramente ci sono degli ostacoli nell'adozione dell'intelligenza artificiale ma i benefici che è in grado di apportare sono straordinari.

Nel campo della sostenibilità ambientale, un esempio di applicazione di IA e dei relativi benefici che apporta lo si ha con il centro di distribuzione Lidl inaugurato a Järvenpää in Finlandia nel 2018. Questo centro beneficia di una soluzione Schneider Electric EcoStruxure Microgrid Advisor che garantisce un funzionamento con energia rinnovabile al 100% per un ambiente carbon neutral. Ecostruxure Microgrid Advisor è una soluzione basata su cloud che sfrutta le capacità di analisi al fine di controllare e ottimizzare le risorse energetiche per ottenere prestazioni sostenibili ed economiche dell'impianto. La microrete comprende un impianto solare costituito da 1.600 pannelli, situato sul tetto dell'edificio che permette l'utilizzo dell'elettricità generata dal sole nella cogenerazione di riscaldamento e raffreddamento. Il calore recuperato dalle apparecchiature e dai sistemi di refrigerazione del centro di distribuzione è utilizzato per il fabbisogno energetico dell'edificio ma anche per fornire acqua

calda a circa 500 abitazioni private. La microrete funziona con un sistema di accumulo di energia a batteria che permette di bilanciare i picchi di consumo e garantire una distribuzione continua dell'energia. La piattaforma software-as-a-service EcoStruxure Microgrid ha il compito di semplificare l'integrazione delle risorse energetiche e consentire di raccogliere, prevedere e ottimizzare automaticamente il funzionamento delle risorse in loco tramite l'utilizzo di dati in tempo reale e algoritmi predittivi di apprendimento automatico⁷⁸.

3.2 Internet of Things (IoT)

L'evoluzione di Internet è avvenuta tramite una serie di ondate. Le prime tre ondate si sono basate sui dispositivi. Nella prima ondata per accedere ad Internet si è fatto uso di un dispositivo come il PC desktop. Nella seconda con lo sviluppo del mobile computing si è potuto portare con sé i propri dispositivi e si ha avuto la possibilità di accedere ad internet in qualsiasi momento e in qualsiasi luogo. Al giorno d'oggi si è arrivati all'Internet of Things (IoT), in base al quale i dispositivi sono connessi ad Internet e tra di loro⁷⁹.

L'Internet of Things è un modello in cui gli oggetti di uso quotidiano come veicoli, frigoriferi, apparecchiature mediche e beni di consumo generale possono essere

⁷⁸ Schneider Electric, *Lidl Finland mira a nuovi standard di efficienza con le microreti e le soluzioni edilizie di Schneider Electric*, 2018.

⁷⁹ T. Lynn, J. G. Mooney, B. Lee, P. Takako Endo, *The Cloud-to-Thing Continuum: opportunities and Challenges in Cloud, Fog and Edge Computing*, palgrave macmillan, Svizzera, 2020, pag. 2.

dotati di capacità di identificazione, rilevamento, rete ed elaborazione. Queste capacità permettono agli oggetti di interagire tra loro, con altri dispositivi e servizi su Internet al fine di raggiungere uno specifico obiettivo.

Dunque, l'IoT consiste nel collegare la tecnologia a dispositivi di uso quotidiano e di renderli connessi anche se originariamente non erano stati concepiti con questa capacità. Un altro importante sviluppo promosso dall'IoT è rappresentato dall'integrazione delle reti che contengono questi dispositivi, consentendo ad ognuno di essi di accedere direttamente ad Internet.

Un mondo pieno di oggetti intelligenti offre grandi potenzialità per migliorare i processi aziendali e la vita delle persone ma comporta anche gravi minacce e sfide tecniche che è necessario superare.

L'IoT è capace di fornire un grande aiuto in termini di sostenibilità e tra i suoi settori di applicazione abbiamo infrastrutture intelligenti, sanità, logistica, automotive, agricoltura e applicazioni sociali.

L'integrazione di oggetti intelligenti nelle infrastrutture fisiche è in grado di migliorare la flessibilità, l'affidabilità e l'efficienza del loro funzionamento. Questi miglioramenti consentono di abbattere i costi, ridurre i requisiti di manodopera ed aumentare la sicurezza. Le reti intelligenti si avvalgono della tecnologia IoT con l'intento di acquisire dati sul consumo energetico e renderli disponibili online.

Generalmente i dati sono inseriti in reports che indicano i modelli di utilizzo e includono raccomandazioni su come minimizzare il consumo energetico ed i costi. Dunque, le tecnologie IoT possono essere impiegate all'interno di industrie, case, uffici ed altri edifici. Tutti questi edifici possono essere equipaggiati di sensori e dispositivi che monitorano e controllano i consumi energetici, l'illuminazione, i sistemi di climatizzazione e di sorveglianza. Su scala più ampia queste tecnologie possono essere applicate per incrementare l'efficienza delle città in modo da migliorare la vita dei cittadini attraverso il miglioramento del controllo del traffico, la rilevazione della qualità dell'aria, il monitoraggio dei posti auto e così via.

In ambito sanitario, l'IoT si propone di migliorare la qualità della vita umana. A questo proposito una delle principali applicazioni è rappresentata dagli scenari di vita assistita. I sensori possono essere installati sulle apparecchiature utilizzate per monitorare la salute dei pazienti. Le informazioni acquisite dai sensori sono accessibili su Internet a medici e familiari col fine di migliorare il trattamento. I dispositivi IoT possono essere impiegati anche per monitorare i farmaci che un paziente sta assumendo e per valutare il rischio di nuovi farmaci in termini di reazioni allergiche.

Riguardo la logistica, i sensori possono essere utilizzati nelle catene di montaggio degli impianti di produzione. L'IoT è in grado di migliorare l'efficienza della

logistica fornendo informazioni approfondite e aggiornate, riducendo i costi e migliorando la tracciabilità dei prodotti.

Un altro campo di applicazione dell'IoT sono le automobili. I veicoli intelligenti permettono di semplificare la guida per il conducente, ridurre i consumi e migliorare la sicurezza stradale⁸⁰.

L'IoT può essere applicato anche nell'agricoltura, ad esempio, con il monitoraggio di parametri climatici al fine di migliorare la qualità dei prodotti, ridurre le risorse utilizzate come l'acqua e l'impatto ambientale.

I dispositivi IoT offrono diverse funzionalità capaci di favorire l'interazione sociale o le esigenze personali. Una possibile applicazione dell'IoT in un contesto sociale è l'interazione dei dispositivi IoT con i servizi di social network esistenti come Facebook, Instagram o Twitter. Ad esempio, l'uso di dispositivi IoT per fornire informazioni sulle attività e sulla posizione di un individuo può far risparmiare tempo all'utente.

All'IoT sono legate diverse sfide. Una prima sfida è legata alla sicurezza. I dispositivi IoT sono tipicamente wireless e possono trovarsi in luoghi pubblici. Ad oggi la maggior parte delle comunicazioni wireless sono protette dalla crittografia

⁸⁰ G. Salvadori, *Smart Car: i veicoli connessi e autonomi alla guida del futuro*, osservatori.net digital innovation, Politecnico di Milano, 2023.

che è fondamentale per assicurare la sicurezza delle informazioni nell'IoT. Ad ogni modo ci sono dei dispositivi che non sono in grado di supportare un'efficace crittografia a causa della loro scarsa potenza. Oltre alla crittografia, anche la gestione delle identità è una componente importante di ogni sistema di sicurezza e gli identificatori sono essenziali per i dispositivi IoT. Questi identificatori possono essere utilizzati per definire l'identità personale, ad esempio presso le istituzioni finanziarie.

Un'altra sfida riguarda la privacy. Con la crescente tracciabilità degli oggetti mediante l'IoT, le minacce alla privacy assumono dimensioni sempre più gravi. Al fine di far sentire sicuri gli utenti è necessario sia proteggere i dati per evitare che finiscano in mani sbagliate e sia risolvere le questioni riguardanti la proprietà dei dati. Il proprietario dei dati deve avere la garanzia che i dati non saranno usati senza il suo consenso. Dunque, è importante che gli oggetti intelligenti ed i dispositivi di lettura dell'IoT siano dotati di politiche sulla privacy⁸¹.

In termini di sostenibilità sociale un esempio di applicazione IoT lo abbiamo con RoBee, un robot umanoide cognitivo prodotto da un'azienda italiana, la Oversonic Robotics. Questo robot è capace di svolgere varie attività umane e può essere impiegato in diversi settori produttivi come servizi, retail, industriale e sanitario

⁸¹ A. Whitmore, A. Agarwal, L. Da Xu, *The Internet of Things-A survey of topics and trends*, Information System Frontiers, 2014, pp. 261-266, Vol. 17 No. 2.

anche se è stato pensato principalmente per gli ultimi due. RoBee possiede caratteristiche simili a quelle di un essere umano. La sua altezza è di 170 cm e il suo peso varia da 65 a 75 kg in base alla configurazione, consta di 40 giunti mobili e una dotazione di sensori che gli permettono di vedere e muoversi nello spazio che lo circonda. Inoltre, è composto da dispositivi di presa e pinze meccaniche che gli permettono di afferrare oggetti fino a 5 kg di peso. La sua vista si basa su un sistema di videocamere assistito dall'intelligenza artificiale come computer vision e reti neurali e riesce a comportarsi in maniera diversa in base al suo interlocutore. Questo robot è capace di parlare, imparare, memorizzare informazioni e condividerle con gli umani. In aggiunta, RoBee monitora il suo funzionamento grazie a un ecosistema in cloud che gli permette di ottimizzare la manutenzione ed evitare fermi. Il suo fine è quello di svolgere lavori usuranti, come lo spostamento di oggetti pesanti nell'industria, che sottopongono il lavoratore ad un elevato livello di stress fisico e a lavori pericolosi come nel caso delle esalazioni. In ambito sanitario RoBee può assistere il personale medico nei reparti ad alto rischio come quelli infettivi e spostare rifiuti pericolosi⁸².

Un altro chiaro esempio di applicazione IoT a supporto della sostenibilità ambientale è visibile in Armal, azienda italiana che produce e fornisce servizi igienici portatili e accessori legati a sistemi di pianificazione portatile. Questa

⁸² P. Sandonnini, *RoBee, Il cobot umanoide che pensa e agisce come un umano*, Internet4Things, M.T Della Mura, 2021.

azienda aveva il bisogno di ridurre l'elevato consumo di energia delle macchine di produzione e i costi che ne derivavano. Quindi, l'azienda ricercava una soluzione capace di controllare in tempo reale il consumo energetico causato da ogni macchinario e di ridurre il tempo necessario a monitorare il numero di componenti prodotti. La soluzione è stata fornita dall'italiana Zerynth, società che si occupa della digitalizzazione dei processi industriali e dello sviluppo di prodotti connessi e innovativi. Zerynth, al fine di soddisfare le necessità di Armal, ha sviluppato 4ZeroBox, un dispositivo industriale che installato su ogni macchinario dà la possibilità di monitorare in tempo reale il consumo energetico dei macchinari e della produzione. Inoltre, è stato implementato un sistema di monitoraggio del sistema di illuminazione dello stabilimento produttivo col fine di minimizzare i consumi energetici. Questo dispositivo è collegato direttamente al cloud tramite la piattaforma Zerynth Device Manager. Adottando questa soluzione, Armal si è evoluta in Industria 4.0 riuscendo a ridurre del 60% i costi per il consumo energetico dei macchinari rispetto alle prime tecnologie e del 40% rispetto a quelle appartenenti alla generazione precedente. Dunque, Armal, con la soluzione IoT di Zerynth, è riuscita allo stesso momento sia a migliorare la produttività e sia a ridurre enormemente l'impatto ambientale dei processi produttivi⁸³.

⁸³ C. Costa, *Industria 4.0 e caro energia: l'IoT di Zerynth riduce il consumo oltre il 40%, ottimizzando la produzione*, Internet4Things, M.T Della Mura, 2022.

3.3 Blockchain

La blockchain è un'innovativa tecnologia di database. La distribuzione di copie identiche di un database in un'intera rete, fa sì che sia molto difficile hackerare o aggirare il sistema. Nello specifico, la blockchain è un registro digitale distribuito in grado di memorizzare qualsiasi tipo di dati. Una blockchain può archiviare informazioni su transazioni di criptovalute, proprietà di NFT e contratti intelligenti della DeFi. Ogni tipo di database è capace di memorizzare queste informazioni ma la blockchain è unica poiché è decentralizzata. Anziché essere gestita in un'unica sede da un amministratore centralizzato, come ad esempio con un database bancario o foglio Excel, numerose copie perfettamente identiche di un database blockchain sono contenute su più computer sparsi in una rete. Ogni singolo computer è chiamato "nodo". Il termine blockchain non è casuale poiché il registro digitale è descritto come una "catena" costituita da singoli "blocchi" di dati. In questo modo tutti i nodi possono aggiornare la loro versione del registro blockchain in modo da essere identica. La maggioranza dei nodi ha il compito di verificare e confermare la legittimità dei nuovi dati prima che un nuovo blocco possa essere inserito nel registro. Ad esempio, nel caso di una criptovaluta, i controlli possono constatare che le nuove transazioni in un blocco non siano fraudolente o che le monete non siano già state spese. Dunque, quello che accade con la blockchain è completamente diverso da quello che accade con un database autonomo o con un foglio di calcolo

dove un individuo può apportare modifiche senza che ci sia la necessità di una supervisione.

Neil Gray, partner dell'area fintech di Duane Morris LLP, afferma che: “Una volta ottenuto, il blocco viene aggiunto alla catena e le transazioni sottostanti vengono inserite nel registro distribuito”⁸⁴. I blocchi sono collegati tra loro in modo sicuro, costituendo una catena digitale protetta che compone il registro.

Ci sono due tipi di blockchain: le blockchain pubbliche e le blockchain private. Nelle pubbliche ogni individuo può partecipare, ossia può leggere, scrivere o controllare i dati contenuti nella blockchain. In sostanza, è abbastanza semplice modificare le transazioni registrate in una blockchain pubblica poiché non vi è nessuna autorità che controlla i nodi. Invece, una blockchain privata è controllata da un'organizzazione e solo quest'ultima ha il potere di modificarla. Il processo alla base di una blockchain privata è molto simile a un sistema di archiviazione dati interno, ma è organizzato su più nodi al fine di garantire un'elevata sicurezza.

La tecnologia blockchain è utilizzata per impieghi diversi:

⁸⁴ D. Rodeck, B. Curry, *What is blockchain?*, *Forbes*, 2022.

- criptovalute: l'uso più diffuso della blockchain è con le criptovalute, come Bitcoin o Ethereum. Nel momento in cui le persone acquistano, scambiano o spendono criptovalute le transazioni sono registrate su una blockchain;
- settore bancario: la blockchain è impiegata per effettuare transazioni in valuta fiat come dollari ed euro. Con la blockchain il processo di invio di denaro risulta essere più veloce rispetto ad una banca o un altro istituto finanziario poiché le transazioni sono sottoposte a verifica più rapidamente ed eseguite anche al di fuori dei normali orari di lavoro;
- trasferimento di beni: la blockchain può anche essere utilizzata per la registrazione e il trasferimento di proprietà di diversi beni. I beni possono essere sia digitali come gli NFT e sia reali come gli atti di proprietà di immobili e veicoli. In questo ultimo caso la blockchain viene utilizzata da entrambe le parti, una per verificare che l'individuo abbia la proprietà dell'immobile e l'altra per accertarsi che abbia il denaro per acquistarlo. Dunque, grazie alla blockchain, l'atto di proprietà può essere trasferito senza consegnare manualmente le pratiche che servono a modificare i registri governativi e quindi l'aggiornamento è immediato;
- contratti intelligenti: un'altra innovazione della blockchain è rappresentata dai contratti auto-esecutivi chiamati generalmente "contratti intelligenti". Si tratta di contratti digitali che sono eseguiti automaticamente una volta

soddisfatte le condizioni. Ad esempio, un pagamento per un bene può avvenire istantaneamente una volta che l'acquirente e il venditore hanno soddisfatto tutti i requisiti previsti per l'affare;

- monitoraggio della catena di fornitura: le catene di fornitura coinvolgono grandi quantità di informazioni specialmente quando le merci si spostano su lunghe distanze. Con i metodi tradizionali di archiviazione dei dati risulta difficile capire da quale fornitore provengono le merci di scarsa qualità mentre con l'archiviazione delle informazioni su blockchain è possibile monitorare la catena di fornitura. Ne è un esempio il caso di Food Trust di IBM che impiega la tecnologia blockchain col fine di tracciare gli alimenti dal raccolto fino al loro consumo;
- votazioni: la blockchain può essere utilizzata al fine di prevenire le frodi nelle votazioni. La blockchain consente alle persone di inviare voti non manomettibili evitando di raccogliere e verificare manualmente le schede cartacee.

La blockchain comporta numerosi vantaggi. Tra i quali figurano una maggiore precisione delle transazioni, nessuna necessità di intermediari, un elevato livello di sicurezza e trasferimenti efficienti.

Una maggiore precisione nelle transazioni è dovuta dal fatto che gli errori sono ridotti al minimo poiché una transazione è controllata da più nodi. Qualora un nodo

commettesse un errore, gli altri noterebbero qualcosa di diverso e individuerebbero l'errore.

Non vi è nessuna necessità di intermediari poiché nell'utilizzo della blockchain due soggetti coinvolti in una transazione possono completarla senza dover ricorrere a terzi. Così facendo si ha un risparmio di tempo e di costi legati al pagamento di un intermediario, come una banca.

La blockchain è in grado di fornire un elevato livello di sicurezza poiché si tratta di una rete decentralizzata che impedisce a qualsiasi persona di effettuare transazioni fraudolente. Per effettuare transazioni illecite andrebbe hackerato ogni nodo ed ogni registro e questo risulta quasi impossibile.

Con la blockchain si hanno transazioni più efficienti giacché opera 24 ore su 24, 7 giorni su 7. Le persone hanno la possibilità di effettuare trasferimenti finanziari e patrimoniali più efficienti, specialmente a livello internazionale, senza dover attendere giorni che una banca o un'agenzia governativa confermi manualmente le transazioni.

Ma come quasi ogni cosa anche la blockchain presenta degli svantaggi. Tra questi figurano: limite sulle transazioni al secondo, alti costi energetici, rischio di perdita degli assets e rischio di attività illegali.

La blockchain dipende da una rete più ampia per autorizzare le transazioni, quindi, può elaborare solo un certo numero di transazioni al secondo. Ad esempio, Bitcoin è in grado di effettuare solo 4,6 transazioni al secondo mentre Visa 1.700.

Il controllo delle transazioni da parte di tutti i nodi richiede un dispendio energetico superiore rispetto a quello di un singolo database o foglio di calcolo. Ciò rende sia le transazioni su blockchain più costose e sia causa un forte impatto sull'ambiente in termini di emissioni di carbonio. Per questo alcuni leader del settore hanno cominciato a prendere le distanze da alcune tecnologie blockchain, come il Bitcoin. Ad esempio, Elon Musk, recentemente ha dichiarato che Tesla non accetta più pagamenti in Bitcoin poiché preoccupato per i danni arrecati all'ambiente.

Un altro rischio legato alla blockchain riguarda la possibilità di perdere un proprio bene digitale. Infatti, alcuni beni digitali sono protetti da una chiave crittografica privata, come le criptovalute in un portafoglio blockchain. Nel caso in cui un individuo perdesse questa chiave il suo bene digitale andrebbe perso per sempre poiché senza non è possibile accedervi ed essendo un sistema decentralizzato non c'è alcuna possibilità di rivolgersi ad un'autorità centrale, come la banca, per recuperare l'accesso.

Un ultimo svantaggio della blockchain riguarda il rischio di attività illegali. Infatti, il fatto che la blockchain sia decentralizzata aumenta la privacy e la riservatezza e ciò la rende particolarmente interessante per i truffatori. Risulta più complicato

individuare le transazioni illegali sulla blockchain rispetto alle transazioni bancarie che sono legate ad un'identità⁸⁵.

La blockchain è un'innovazione che risulta fondamentale in termini di sostenibilità. La sua maggiore applicazione è all'interno delle catene di fornitura di ogni azienda. La blockchain orientata alla sostenibilità è in grado di garantire pratiche di lavoro più eque, ridurre le frodi, eliminare la violazione dei diritti umani, creare valore economico condiviso, migliorare la sicurezza degli alimenti tramite la tracciabilità e favorire la sostenibilità ambientale. Permette la riduzione dei rifiuti, delle emissioni di carbonio e del consumo di energia e l'incremento dell'offerta di prodotti ecocompatibili⁸⁶.

Le tecnologie blockchain sono capaci di influenzare la sostenibilità economica, sociale ed ambientale delle catene di fornitura.

Partendo dalla sostenibilità economica, l'assenza di intermediari è un vantaggio chiave dell'applicazione delle tecnologie blockchain alla gestione della catena di fornitura poiché la presenza di intermediari implica costi aggiuntivi e una maggiore complessità del sistema⁸⁷. La combinazione di contratti intelligenti e blockchain è

⁸⁵ D. Rodeck, B. Curry, *What is blockchain?*, Forbes, 2022.

⁸⁶ N. Friedman, J. Ormiston, *Blockchain as a sustainability-oriented innovation?: Opportunities for and resistance to Blockchain technology as a driver of sustainability in global food supply chains*, Technological Forecasting and Social Change, 2022, Vol. 175 No. 2.

⁸⁷ M. Kouhizadeh, J. Sarkis, Q. Zhu, *At the Nexus of Blockchain Technology, the Circular Economy, and Product Deletion*, Applied Sciences, 2019, Vol. 9, No. 8.

un'ottima soluzione al fine di sostituire gli intermediari nel caso di operazioni di trasferimento in una catena di fornitura globale⁸⁸. L'efficace applicazione della tecnologia blockchain alle catene di approvvigionamento, spinta dal fatto che vi è un'assenza di intermediari, permette di abbattere molti costi derivanti dalla valutazione della qualità dei prodotti, dalla distorsione dei processi aziendali e dal trasferimento di proprietà dei partner della catena di fornitura. Grazie alla trasparenza e alla capacità di risparmiare sui costi della blockchain, le imprese sono anche in grado di migliorare i loro profitti. Dunque, le aziende possono essere redditizie e produrre a costi marginali e competitivi inferiori⁸⁹.

Le tecnologie blockchain sono capaci di apportare un'alta efficienza operativa poiché sono in grado di snellire notevolmente interi processi aziendali e rendere l'intera catena di fornitura più reattiva ed efficiente⁹⁰. Ad esempio, la blockchain consente la tracciabilità e l'autenticazione digitale dei prodotti alimentari lungo tutta la catena di fornitura⁹¹. Grazie alla tracciabilità fornita dalla blockchain, le aziende sono in grado di verificare con rapidità il volume delle scorte dei loro prodotti e delle materie prime e quindi, saranno in grado di prendere decisioni più

⁸⁸ H. Hasan, E. AlHadhrami, A. AlDhaheri, K. Salah, R. Jayaraman, *Smart contract-based approach for efficient shipment management*, Computers & Industrial Engineering, 2019, Vol. 136.

⁸⁹ A. Rejeb, K. Rejeb, *Blockchain and supply chain sustainability*, LogForum, 2020, pag.366, Vol. 16 No. 3.

⁹⁰ I. Faria, *Trust, reputation and ambiguous freedoms: Financial institutions and subversive libertarians navigating blockchain, markets, and regulation*, Journal of Cultural Economy, 2019, Vol. 12 No. 2.

⁹¹ E. Tijan, S. Aksentijević, K. Ivanić, M. Jardas, *Blockchain Technology Implementation in Logistics, Sustainability*, 2019, Vol. 11 No. 4.

consapevoli in tutte le fasi della catena di approvvigionamento. Pertanto, la tecnologia blockchain consente di risparmiare tempo e di ottimizzare molteplici attività aziendali eliminando le inefficienze causate da processi arcaici, pratiche commerciali, procedure burocratiche complesse e stringenti requisiti istituzionali⁹².

Tra gli aspetti importanti della blockchain vi è quello di riuscire ad allocare efficientemente le risorse tra i partner della catena di fornitura. I modelli di condivisione basati sulla blockchain permettono alle aziende di avere una visibilità completa sulle risorse logistiche come veicoli, macchinari, capacità del magazzino e altre attrezzature⁹³. Inoltre, la blockchain è capace di costituire un nuovo mondo di logistica collaborativa e decentralizzata che accoglie un ampio numero di attori della catena di fornitura e assicura una maggiore disponibilità e un migliore utilizzo delle risorse logistiche⁹⁴. Diversamente dalle piattaforme informatiche tradizionali, la blockchain è in grado di contribuire in misura significativa alla semplificazione del crowdfunding e alla riduzione delle barriere e dei costi di ingresso⁹⁵. Questo comporta che sia le piccole che le medie imprese sono in grado di attrarre capitali e finanziamenti più economici da investitori di tutto il mondo. Anche le imprese,

⁹² A. Rejeb, K. Rejeb, *Blockchain and supply chain sustainability*, LogForum, 2020, pag. 366, Vol. 16 No. 3.

⁹³ *Ibidem*.

⁹⁴ T. Meyer, M. Kuhn, E. Hartmann, *Blockchain technology enabling the Physical Internet: A synergetic application framework*, Computers & Industrial Engineering, 2019, Vol. 136.

⁹⁵ J. Veuger, *Trust in a viable real estate economy with disruption and blockchain*, Facilities, 2018, Vol. 36 No. 1.

indipendentemente dalle loro dimensioni, possono beneficiare in larga misura degli incentivi economici offerti dall'applicazione della blockchain. Ad esempio, è altamente probabile che il rispetto dei diritti di proprietà intellettuale faccia aumentare la voglia di investire, di creare ricchezza e di generare risorse competitive⁹⁶. Le imprese sono inoltre spinte ad adottare la tecnologia blockchain in quanto, in mancanza di questa, rischiano di essere surclassate dai loro concorrenti, di non soddisfare le aspettative dei loro clienti e di perdere i finanziamenti preferenziali, le sovvenzioni e gli incentivi fiscali⁹⁷. Il livello di trasparenza che la blockchain è capace di garantire consente di ottenere altri vantaggi economici, come i benefici del branding e la comunicazione positiva ai consumatori. Di conseguenza, la blockchain individua una narrativa di branding che comunica diversi valori aziendali a tutti i partner della catena di fornitura. In modo particolare, questo sviluppo può portare ad un'elevata propensione a pagare ed un'elevata percezione della qualità del servizio o del prodotto da parte dei clienti⁹⁸.

⁹⁶ A. Rejeb, K. Rejeb, *Blockchain and supply chain sustainability*, LogForum, 2020, pag. 367, Vol. 16 No. 3.

⁹⁷ T. Ko, J. Lee, D. Ryu, 2018. *Blockchain Technology and Manufacturing Industry: Real-Time Transparency and Cost Savings*, Sustainability, 2018, Vol. 10 No. 11.

⁹⁸ A. D. Keyser, S. Köcher, L. Alkire, C. Verbeeck, J. Kandampully, *Frontline Service Technology infusion: Conceptual archetypes and future research directions*, Journal of Service Management, 2019.

Per quanto riguarda la sostenibilità sociale, la completezza e la trasparenza delle informazioni e delle transazioni sulla blockchain rappresentano gli elementi essenziali per instaurare relazioni di fiducia reciproca tra gli stakeholder della catena di fornitura⁹⁹. La blockchain favorisce la fiducia mediante l'integrità dei dati, la sicurezza e la difesa dalle frodi, dalle violazioni e dai crimini informatici¹⁰⁰. Ad esempio, nelle relazioni commerciali, la blockchain risolve il problema legato alla mancanza di fiducia tra le parti interessate.

Anche in termini di sicurezza alimentare la blockchain è in grado di fornire un aiuto straordinario. Con la maggiore trasparenza, efficienza e responsabilità che la blockchain è in grado di apportare è possibile ottenere una riduzione dei costi sanitari e un miglioramento della percezione pubblica dell'industria alimentare¹⁰¹. Inoltre, la tracciabilità di ogni prodotto alimentare permette ai rivenditori ed ai produttori di alimenti di intervenire prontamente in caso di richiami e altri problemi di sicurezza, riducendo la diffusione delle malattie di origine alimentare¹⁰². Un esempio è il caso delle aziende Walmart, Nestle, Dole, Tyson Foods e Unilever che

⁹⁹ J. Veuger, *Trust in a viable real estate economy with disruption and blockchain*, Facilities, 2018, Vol. 36 No. 1.

¹⁰⁰ D. Modic, A. Hafner, N. Damij, L.C. Zajc, *Innovations in intellectual property rights management*, European Journal of Management and Business Economics, 2019, Vol. 28 No. 2.

¹⁰¹ J. Astill, R.A.Dara, M. Campbell, J. M. Farber, E. D. G. Fraser, S. Sharif, R. Y. Yada, *Transparency in food supply chains: A review of enabling technology solutions*, Trends in Food Science & Technology, 2019, Vol. 91.

¹⁰² Y. Wang, H. J. Hung, B. D. Paul B.-D, *Understanding Blockchain technology for future supply chains a systematic literature Review and Research Agenda*, Supply Chain Management: An International Journal, 2018, Vol. 24 No. 103.

hanno stipulato partnership commerciali per utilizzare la tecnologia blockchain con l'obiettivo di tracciare e rintracciare la provenienza degli alimenti, in modo da garantire la sicurezza e una maggiore reattività ai richiami dei prodotti. Incrementando la tracciabilità, si può identificare rapidamente l'origine di qualsiasi contaminazione durante le crisi alimentari, con conseguente riduzione del numero di persone colpite e minore ansia e panico per i consumatori¹⁰³.

Infine, la tecnologia blockchain ha un grande potenziale per far diventare gli aiuti umanitari più rapidi e produttivi. In periodi di emergenza, la tecnologia può essere impiegata in modo da ottimizzare il processo di fornitura di aiuti finanziari, come farmaci, ed eliminare i ritardi dovuti alla burocrazia o alle barriere politiche. Ad esempio, la blockchain abilitata ai contratti intelligenti può facilitare il trasferimento delle rimesse in modo automatico e pre-programmato¹⁰⁴. In caso di emergenze particolarmente gravi, la tecnologia consente di accrescere la fiducia e di stimolare la solidarietà tra le persone, incentivando le comunicazioni reciproche e tracciando in totale trasparenza le donazioni. Ancora più significativo è il dato relativo al miglioramento della trasparenza delle catene di fornitura, utile per contrastare le violazioni dei diritti umani, il lavoro minorile e la corruzione. In aggiunta, la blockchain favorisce anche una maggiore inclusione finanziaria,

¹⁰³ A. Rejeb, K. Rejeb, *Blockchain and supply chain sustainability*, LogForum, 2020, pag. 368, Vol. 16 No. 3.

¹⁰⁴ W. Al-Saqaf, N. Seidler, *Blockchain technology for social impact: opportunities and challenges ahead*, Journal of Cyber Policy, 2017, Vol. 2 No. 3.

supportando l'integrazione della popolazione che non si affida alle banche e delle piccole aziende agricole e commerciali¹⁰⁵.

In termini di sostenibilità ambientale, la blockchain è capace di ridurre l'impronta ecologica della logistica¹⁰⁶. Grazie alla blockchain e ai contratti intelligenti, è possibile attuare numerose misure di tutela e controllo ambientale mediante un accurato sistema di monitoraggio dei parametri di produzione, come il consumo di energia, la lavorazione delle materie prime e le emissioni. Essa è in grado di semplificare la partecipazione degli attori alle iniziative energetiche a basse emissioni di carbonio, di favorire la realizzazione di progetti di tutela ambientale e di incrementare l'accesso dei consumatori all'energia pulita¹⁰⁷. La tecnologia blockchain permette alle aziende di individuare i materiali e i prodotti che impiegano risorse non rinnovabili e di eliminarli o di effettuare investimenti in risorse alternative rinnovabili a sostegno della circolarità dell'energia¹⁰⁸. La trasparenza garantita può essere sfruttata per assicurare che i prodotti

¹⁰⁵ S. S. Kamble, A. Gunasekaran, R. Sharma, *Modeling the blockchain enabled traceability in agriculture supply chain*, International Journal of Information Management, 2019, Vol. 52 No. 9.

¹⁰⁶ L. W. Wong, L. Y. Leong, J. J. Hew, G. W. H. Tan, K. B. Ooi, *Time to seize the digital evolution: Adoption of blockchain in operations and supply chain management among Malaysian SMEs*, International Journal of Information Management, 2019, Vol. 52 No. 9.

¹⁰⁷ M. J. Ashley, M. S. Johnson, *Establishing a Secure, Transparent, and Autonomous Blockchain of Custody for Renewable Energy Credits and Carbon Credits*, IEEE Engineering Management Review, 2018, Vol. 46 No. 4.

¹⁰⁸ M. Kouhizadeh, J. Sarkis, Q. Zhu, *At the Nexus of Blockchain Technology, the Circular Economy, and Product Deletion*, Applied Sciences, 2019, Vol. 9 No. 8.

apparentemente sostenibili siano rispettosi dell'ambiente¹⁰⁹. La blockchain è in grado di incentivare la sostenibilità instaurando una fitta collaborazione ambientale con i partner della catena di fornitura e di permettere all'azienda di distribuire efficacemente le risorse sulla base di una pianificazione accurata e di una raccolta di dati in tempo reale dai processi di produzione¹¹⁰. Con essa è possibile tracciare l'impronta di carbonio dei prodotti e dare la possibilità alle organizzazioni di cooperare e scambiare le loro quote di carbonio in maniera efficiente¹¹¹. Inoltre, grazie alla tracciabilità del prodotto lungo la catena di fornitura, la blockchain riesce a determinare con estrema precisione la tassa sulle emissioni di carbonio da imputare all'azienda.

Dunque, in sintesi, gli aspetti economici sostenibili di questa tecnologia nelle catene di fornitura riguardano la maggiore efficienza operativa, i vantaggi di costo e la creazione di valore. Gli aspetti legati alla sostenibilità sociale consistono nella creazione di relazioni di fiducia tra i partner della catena di fornitura, nell'aumento della sicurezza alimentare, nel supporto alla logistica umanitaria e nel rispetto dell'equità sociale. Infine, in termini di sostenibilità ambientale i benefici che la

¹⁰⁹ S. Saberi, M. Kouhizadeh, J. Sarkis, L. Shen, *Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management*, International Journal of Production Research, 2019, Vol. 57 No. 3.

¹¹⁰ A. Rejeb, K. Rejeb, *Blockchain and supply chain sustainability*, LogForum, 2020, pag. 369, Vol. 16 No. 3.

¹¹¹ S. Saberi, M. Kouhizadeh, J. Sarkis, L. Shen, *Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management*, International Journal of Production Research, 2019, Vol. 57 No. 3.

tecnologia è capace di fornire riguardano il miglioramento delle pratiche ambientali lungo tutta la catena di approvvigionamento, la riduzione delle risorse energetiche e naturali e l'offerta di prodotti ecologici¹¹².

3.4 Big Data, Green Data Center e Data Science

I big data sono una vasta mole di dati generati da una quantità crescente di fonti come i clic su internet, le azioni sui dispositivi mobili, i contenuti generati dagli utenti sui social media e quelli generati appositamente mediante le reti di sensori, le transazioni commerciali come le richieste di vendita e quelle di acquisto e così via. La sanità, l'ingegneria, l'internet industriale, la finanza, la gestione delle operazioni e la genomica accrescono la diffusione dei big data¹¹³. Ad oggi si parla di 5V dei big data, ovvero di 5 principi che vi sono alla loro base. Essi sono veridicità, volume, velocità, varietà e variabilità. Per veridicità si intende la qualità ed affidabilità dei dati, il volume riguarda l'elevata quantità di dati, la velocità è inerente alla loro rapida generazione e acquisizione, la varietà riguarda la loro eterogeneità della fonte e del formato e infine, la variabilità si riferisce alla mutevolezza del significato in base al contesto¹¹⁴. I big data necessitano dell'uso di sofisticate tecnologie informatiche al fine di scoprire le tendenze e i modelli

¹¹² A. Rejeb, K. Rejeb, *Blockchain and supply chain sustainability*, LogForum, 2020, pag. 369, Vol. 16 No. 3.

¹¹³ G. George, M. Haas, A. Pentland, *Big data and management*, The Academy of Management Journal, 2014, pag.321, Vol. 57 No. 2.

¹¹⁴ Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Gestionale, *BIG DATA cosa sono e perché è importante investirci*.

all'interno e tra questi insiemi di dati socioeconomici. Le nuove conoscenze derivanti dall'estrazione del valore dei dati possono contribuire in modo sostanziale a integrare le statistiche ufficiali, i sondaggi e le fonti di dati d'archivio di cui si ha un'immagine statica, aggiungendo conoscenze e approfondimenti derivanti da esperienze collettive. Tutto ciò lo si può fare in tempo reale riducendo il divario di informazioni e di tempo. Si tratta non solo di dati con una portata enorme ma anche di dati “intelligenti”¹¹⁵. Ad esempio, un pilota che gareggia in Formula 1, genera 20 gigabyte di dati ricavati da 150 sensori installati sull'automobile, utili per analizzare le prestazioni tecniche dei suoi componenti, le sue reazioni, i ritardi dei pit stop e la comunicazione tra il team ed il pilota stesso. Questi sono tutti fattori che influiscono sulle prestazioni complessive¹¹⁶. Analogamente, i big data sono anche un potente strumento per analizzare il comportamento umano individuale o di gruppo utilizzando sensori o badge. Gli individui possono essere monitorati mentre lavorano insieme, si muovono nel loro spazio di lavoro o trascorrono il tempo interagendo con gli altri. L'utilizzo di dati su larga scala al fine di prevedere il comportamento umano si sta diffondendo sempre di più nelle politiche aziendali e governative.

¹¹⁵ G. George, M. Haas, A. Pentland, *Big data and management*, The Academy of Management Journal, 2014, pag. 321, Vol. 57 No. 2.

¹¹⁶ M. Munford, Rule changes and big data revolutionise Caterham F1 chances, The Telegraph, 2014.

I big data sono anche una sorta di contenitore per dati granulari di vario tipo come i dati pubblici, i dati privati, i data exhaust, i community data e i dati di quantificazione.

I dati pubblici sono dati posseduti da organizzazioni governative e comunità locali che possono essere utilizzati per applicazioni commerciali e gestionali di ampia portata. Tra gli esempi di tali dati vi sono quelli relativi ai trasporti, all'uso dell'energia e alla salute.

I dati privati, sono dati di cui dispongono le aziende private, organizzazioni non profit e privati. Questo tipo di dati riguardano informazioni personali che difficilmente possono essere ricavate da fonti pubbliche. Esempi di dati privati sono le transazioni dei consumatori, le etichette di identificazione a radiofrequenza impiegate dalle catene di fornitura aziendali, gli spostamenti di beni e risorse aziendali, la navigazione sui siti web e l'uso dello smartphone.

Con il termine data exhaust si intendono i dati ambientali che sono raccolti in modo passivo. Si tratta di dati non essenziali con un valore limitato o nullo per il soggetto che li ha raccolti ma possono essere combinati con altri dati con l'obiettivo di generare nuovi fonti di valore. Questo tipo di dati possono essere generati dalle azioni compiute dalle persone durante la loro vita quotidiana, come quando utilizzano le tecnologie facendo acquisti, accedendo ai servizi sanitari o utilizzando il proprio smartphone. Un'altra fonte di questi dati è data dal comportamento di

ricerca di informazioni, tramite il quale è possibile dedurre i bisogni, i desideri e le intenzioni degli individui.

I community data sono dati non strutturati in grado di cogliere le tendenze sociali. Questi dati possono comprendere le recensioni sui prodotti da parte dei consumatori, i feed di Twitter e così via.

Infine, i dati di quantificazione sono un tipo di dati che vengono forniti dagli individui mediante la quantificazione di azioni e comportamenti personali. Ne sono un esempio i dati forniti dagli smartwatch che monitorano vari fattori come l'esercizio fisico.

I dati sono definiti il nuovo petrolio poiché saper estrarre valore da loro è la chiave competitiva per le aziende. La gestione dei big data è tra le priorità di investimento di CIO e Innovation Manager. Le aziende hanno messo in pratica progetti di data analysis e data management per ottenere benefici e raggiungere obiettivi importanti¹¹⁷. Tramite l'analisi dei big data è possibile attuare la manutenzione predittiva, ossia grazie al monitoraggio in tempo reale dello stato dei macchinari, è possibile intervenire prima che si verifichi il guasto. I sistemi informatizzati di gestione della manutenzione monitorano gli ordini di lavoro, gli inventari, le richieste di assistenza e i tempi di inattività incrociando la cronologia dei dati,

¹¹⁷ C. Vercellis, *A cosa servono i Big Data: vantaggi e opportunità per le aziende*, osservatori.net digital innovation, Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Gestionale, 2019.

individuando le relazioni e prevedendo cosa potrebbe guastarsi e quando. Inoltre, l'analisi dei big data è indispensabile per il controllo della produzione poiché verifica i costi di ogni pezzo, i consumi delle risorse e la condizione delle attrezzature. Con i dati dei carichi di lavoro, è possibile ottimizzare i tempi e le modalità di gestione del personale; con quelli dell'inventario dei prodotti, dei componenti, delle giacenze, dei livelli di fornitura è possibile ridurre gli stock inutilizzati; infine, con i dati delle interruzioni del ciclo produttivo, dei fermi macchina e dei tempi di manutenzione si possono realizzare report su tempi, costi e qualità dei processi. Inoltre, è possibile diminuire gli errori di fabbricazione e monitorare il consumo energetico. Dunque, in tema di sostenibilità ambientale, i big data ed in particolare la loro analisi dimostrano di essere decisivi poiché grazie a loro è possibile ridurre le emissioni di CO₂, il consumo energetico e di risorse e monitorare lo stato di salute dell'ecosistema. Nel 2019 L'ENEA, l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, ha deciso di sperimentare il software STREET (Short-term TRaffic Evolution forEcasting Tool). Esso si basa sulla raccolta e l'elaborazione di dati georeferenziati sugli spostamenti dei veicoli con l'obiettivo di regolare il traffico diminuendo il consumo energetico e le emissioni inquinanti. Invece, nel maggio del 2019, BrainBox, una start up canadese, ha sviluppato una tecnologia in grado di combinare algoritmi di deep learning e cloud computing. Lo scopo è quello di prevedere il carico termico di un edificio e di permettere al sistema di

riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria di autoregolarsi mediante una singola unità di controllo, consentendo di risparmiare sui costi di elettricità e manutenzione e di ridurre le emissioni di anidride carbonica nell'atmosfera¹¹⁸.

Oltre a quelli aziendali, i big data apportano anche benefici sociali. Questi dati diventano patrimonio della collettività e sono in grado di creare nuovi posti di lavoro, ripristinare il budget delle Pubbliche Amministrazioni, ottimizzare i flussi turistici di uno specifico territorio e salvare vite grazie al loro impiego in ambito sanitario o nella gestione dei disastri naturali¹¹⁹.

Riguardo ai benefici, essi si possono ottenere sfruttando i dati a disposizione e per farlo al meglio assume un'importanza significativa la data science. “La data science è un insieme di principi fondamentali che supportano e guidano l'estrazione di informazioni e conoscenze dai dati”¹²⁰.

Il concetto maggiormente correlato alla data science è quello di data mining, ossia la reale estrazione di conoscenza dai dati per mezzo di tecnologie che incorporano tali principi. Le applicazioni aziendali più diffuse riguardano il marketing per attività quali il marketing personalizzato, la pubblicità online e le raccomandazioni

¹¹⁸ J. Condemi, *Data Analytics: cos'è e come viene usata per la sostenibilità ambientale*, Bigdata4Innovation, A. Longo, 2021.

¹¹⁹ C. Vercellis, *A cosa servono i Big Data: vantaggi e opportunità per le aziende*, osservatori.net digital innovation, Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Gestionale, 2019.

¹²⁰ F. Provost, T. Fawcett, *Data science and its relationship to big data and data-driven decision making*, Mary Ann Liebert Inc., 2013, pag. 52BD.

per il cross-selling. La data science viene impiegata anche per la gestione delle relazioni con i clienti, al fine di analizzare il loro comportamento per ridurre il tasso di abbandono e incrementare il loro valore atteso. Nel settore finanziario, la data science è impiegata nelle attività di rilevamento delle frodi e di gestione del personale. Importanti aziende di vendita al dettaglio, come Wal-Mart e Amazon, si avvalgono della data science per tutte le loro attività, dal marketing alla gestione della catena di fornitura. L'obiettivo finale della data science è il miglioramento del processo decisionale, in quanto questo è un aspetto di primaria importanza per le aziende. Il processo decisionale guidato dai dati (data-driven), riguarda la pratica di basare le decisioni sull'analisi dei dati anziché sulla mera intuizione. Ad esempio, un addetto al marketing potrebbe scegliere gli annunci pubblicitari solamente basandosi sulla propria esperienza oppure fare affidamento sull'analisi dei dati riguardanti la reazione dei consumatori alle diverse pubblicità. I benefici del processo decisionale guidato dai dati sono stati dimostrati in modo chiaro. L'economista Erik Brynjolfsson e i suoi colleghi del MIT e della Wharton School della Penn hanno effettuato uno studio su come il processo decisionale basato sui dati incide sulle prestazioni delle aziende. I ricercatori hanno dimostrato statisticamente che più un'azienda è guidata dai dati, più è produttiva¹²¹.

¹²¹ *Ivi*, pp. 52BD-53BD.

Purtroppo, legati ai big data vi sono anche alcuni rischi. Uno di questi è quello riguardante la privacy. La crescita esponenziale di questo patrimonio informativo può causare dei rischi per la tutela e la riservatezza dei dati trattati. Le aziende nell'utilizzare i big data devono rispettare la privacy degli utenti e il loro consenso. Chi intende utilizzare i big data deve considerare il tema della protezione dei dati sin dalla fase iniziale di un progetto. Le Autorità mondiali di protezione dei dati, per tutelare i diritti degli interessati, hanno raccomandato alle aziende alcune linee guida da seguire che possono tradursi in regole generali da rispettare. Tali regole riguardano:

- liceità, correttezza e trasparenza: i dati personali devono essere trattati in modo lecito, corretto e trasparente nei confronti dell'interessato;
- consenso: solo se la persona ha espresso il suo consenso per una o più specifiche finalità il trattamento risulta lecito;
- limitazione della finalità: i dati personali devono essere raccolti per specifiche finalità e di conseguenza devono essere trattati in modalità compatibili con queste;
- minimizzazione dei dati: i dati personali devono essere adeguati, attinenti e limitati a quanto necessario rispetto alle finalità. È necessario predeterminare il tempo di mantenimento dei dati e prevedere sistemi di cancellazione;

- esattezza: i dati personali devono essere esatti e aggiornati.

L'interessato può in qualsiasi momento esercitare liberamente i propri diritti, quali accesso, rettifica, cancellazione, limitazione, notifica per rettifica, portabilità, opposizione e oblio¹²².

Un altro rischio riguarda l'impatto ambientale. I data center che si occupano di immagazzinare i dati e che includono tutti gli strumenti utili per elaborarli e distribuirli richiedono un elevato consumo di energia elettrica con notevoli impatti sull'ambiente. L'energia elettrica richiesta è pari al 3% della domanda globale di elettricità, più di quella del Regno Unito. Un altro effetto collaterale dei data center sull'ambiente riguarda la produzione di rifiuti elettronici (e-waste), che rappresentano il 2% dei rifiuti solidi e il 70% di quelli tossici. Per quanto riguarda le emissioni, ogni anno vengono rilasciate milioni di tonnellate di CO₂. Nel 2018 i data center cinesi hanno prodotto 99 milioni di tonnellate di CO₂eq., ovvero quanto 21 milioni di automobili. Un ricercatore di Huawei ha stimato che il settore dell'Information Technology consumerà fino al 20% dell'elettricità mondiale entro il 2030 e i data center ne consumeranno più di un terzo. Ciò è causato sia dall'incremento di dati che verranno prodotti dagli utenti e dalle aziende e sia all'enorme utilizzo che verrà fatto delle tecnologie digitali. Al fine di rendere

¹²² G. Faggioli, *Big data e privacy: la protezione dei dati personali è possibile?*, osservatori.net digital innovation, Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Gestionale, 2018.

sostenibili i big data, sulla dimensione ambientale è necessario efficientare i data center e i processi di elaborazione dei dati. Riguardo i data center, Richard Pone di Deloitte propone tre strategie chiave:

- ottimizzare le emissioni lungo tutta la catena di fornitura;
- ottimizzare l'uso e la qualità degli hardware, in modo da consumare il meno possibile e da minimizzare anche la quantità di rifiuti elettronici;
- garantire l'efficienza energetica dei data center mediante l'uso di fonti di energia rinnovabili e di un ottimo sistema di raffreddamento¹²³.

Nel momento in cui si mettono in pratica queste strategie e quindi si efficientano i data center col fine di renderli sostenibili si fa riferimento ai cosiddetti green data center. Diverse aziende tecnologiche di livello globale hanno scelto di costruire i loro data center in zone caratterizzate da climi freddi con l'obiettivo di ridurre i costi di raffreddamento. Un esempio è quello di Google che ha realizzato un grande data center in Finlandia utilizzando l'acqua di mare del Golfo al fine di raffreddare i server, oppure Facebook che ha scelto come spazio un'area vicina al Circolo Polare Artico, destinando il calore prodotto dai data center al riscaldamento dei luoghi in cui c'è bisogno. In Italia, invece, al CNAF, il centro nazionale di calcolo dell'INFN, sono riusciti a ridurre i consumi e a portare a temperatura adeguata l'infrastruttura

¹²³ G. Carpinelli, *L'Impronta Carbonica dei Big Data tra data center e l'aumento delle informazioni*, tech economy 2030, S. Epifani, 2021.

di calcolo. La temperatura della prima sala macchine è passata da 20° a 24° al fine di incrementare la funzionalità del sistema di raffreddamento, che è più efficiente nel caso in cui la temperatura dell'aria debba essere portata a 24 anziché a 20. Per quanto riguarda la costruzione del nuovo data center si sono riferiti a norme e standard che mirano ad una progettazione attentamente orientata all'efficienza energetica ed all'impatto ambientale. Invece, nei moderni data center dell'Università di Pisa, situato a San Piero a Grado, il sistema di raffreddamento è basato sull'evaporazione che li rende molto efficienti dal punto di vista energetico. In questi data center si è raggiunta un'efficienza energetica pari a 1,2 di PUE (Power usage effectiveness), la quale viene misurata e tenuta sotto controllo dal software di gestione¹²⁴.

¹²⁴ F. Ruggieri, *Data center e reti: quando i Big Data diventano sostenibili*, tech economy 2030, S. Epifani, 2020.

CAPITOLO 4

SOSTENIBILITÀ DIGITALE NEL SETTORE

AGROALIMENTARE

4.1 La rilevanza del settore agroalimentare italiano

Il settore agroalimentare, frutto dell'integrazione verticale del settore dell'agricoltura, della silvicoltura e della pesca e dell'industria alimentare è il settore produttore di beni più rilevante in Italia. L'Italia è nota in tutto il mondo per le sue eccellenze alimentari, leader incontrastata per i cibi di qualità con 581 DOP e 257 IGP¹²⁵. Il settore agroalimentare, in Italia, primeggia per vari fattori come occupazione, valore della produzione, valore aggiunto, investimenti fissi lordi e investimenti in impianti e macchinari. Il settore agroalimentare italiano consta di 1,4 milioni di occupati di cui 925.000 nell'agricoltura, nella silvicoltura e nella pesca e 483.000 nelle industrie degli alimentari, bevande, vini e tabacco. Il settore genera 205 miliardi di euro di produzione di cui 144 originati dalle industrie della trasformazione alimentare e 61 dall'agricoltura, silvicoltura e pesca. Il suo valore aggiunto è di 65 miliardi di euro di cui 35 si riferiscono alla componente agro e 30 alla componente industriale¹²⁶. Riguardo agli investimenti fissi lordi, il settore ha investito 18 miliardi di euro, in particolare, agricoltura, silvicoltura e pesca hanno

¹²⁵ M. Fortis, A. Sartori, S. Corradini, M. Carminati, *Il settore agroalimentare italiano*, Fondazione Edison – Fondazione Argentina Altobelli, pag. 18.

investito 10 miliardi mentre il comparto della trasformazione industriale ne ha investiti 8. Infine, il settore ha effettuato investimenti in impianti e macchinari per un valore pari a 12 miliardi di euro, dove sia la componente agro sia la componente industriale hanno investito 6 milioni¹²⁷

Dal confronto tra il settore agroalimentare italiano e quello degli altri paesi dell'Unione Europea emergono dati interessanti che dimostrano i numerosi primati che l'Italia vanta in Europa.

Riguardo al settore agricolo, dall'analisi¹²⁸ effettuata dalla Fondazione Edison e dalla Fondazione Argentina Altobelli emerge che:

- l'agricoltura italiana, che consta di 860.000 occupati, è situata al primo posto nell'Eurozona e al terzo posto nell'UE per occupazione. I primi due posti sono occupati rispettivamente dalla Romania (1.9 milioni di occupati) e dalla Polonia (1,4 milioni di occupati). L'Italia può vantarsi di essere davanti a Spagna (715.000 mila occupati), Francia (705.000), Bulgaria (572.000) e Germania (555.000);
- l'agricoltura italiana, in termini di valore aggiunto, è posta al secondo posto subito dopo la Francia. La quota sul totale UE dell'Italia è pari al 18%

¹²⁷ *Ibidem.*

¹²⁸ M. Fortis, A. Sartori, S. Corradini, M. Carminati, *Il settore agroalimentare italiano*, Fondazione Edison – Fondazione Argentina Altobelli, pag. 26.

mentre quella della Francia è il 19%. Comunque sia l'Italia si trova davanti a Spagna (16%) e Germania (11%);

- l'Italia è al primo posto nell'UE per quantità di produzione di grano duro, riso, pomodori, finocchi, invidie, carciofi, spinaci e altre radici, tuberi e bulbi, pere, albicocche, uve da tavola, uve da vini, kiwi e nocciole;
- l'Italia, invece, si classifica al secondo posto per quantità prodotta di sedano, lattughe, cavoli e broccoli, cicoria fresca, zucchine, lenticchie, ceci, fagioli freschi e altri legumi, limoni, meloni, angurie, nettarine, mele, arance, clementine, olive da olio, mandorle e castagne;
- l'Italia è collocata al terzo posto per quantità prodotta di ciliegie dolci, pesche, fichi, prugne, olive da tavola, asparagi, aglio e fragole in coltura protetta.

In termini di industrie della trasformazione alimentare, dall'analisi¹²⁹ delle due fondazioni risulta che:

- l'industria alimentare italiana è posta al primo posto per numero di imprese, oltre 51.000. Invece, sia per valore della produzione che per valore aggiunto si colloca al terzo posto, rispettivamente con 118 e 23 miliardi, in entrambi i casi dietro a Germania e Francia. Con 424.000 occupati è quarta per occupazione, alle spalle di Germania, Francia e Polonia;

¹²⁹ *Ibidem.*

- l'industria dei vini e bevande italiana è posta al terzo posto nell'UE per numero di imprese (3.234), dietro a Spagna e Grecia. Inoltre, con 23 miliardi, è situata sempre al terzo posto per valore della produzione, alle spalle di Francia e Germania. Infine, risulta essere quarta sia per numero di occupati (43.500), dietro a Spagna, Germania e Francia, sia per valore aggiunto (4,6 miliardi), dopo Germania, Francia e Spagna;
- l'industria italiana del tabacco è collocata al terzo posto nella UE per occupati (oltre 3.000), valore della produzione (1,3 miliardi) e valore aggiunto (0,6 miliardi), in tutti e tre i casi è dietro Germania e Polonia. Infine, è all'ottava posizione per numero di imprese (9), alle spalle di Germania, Polonia, Belgio, Svezia, Paesi Bassi, Grecia e Bulgaria.

Nell'UE, l'industria italiana della trasformazione alimentare, visibile nella figura 4.1, si colloca al primo, secondo o terzo posto in termini di valore della produzione in 22 sottosettori, con un valore di oltre 120 miliardi di euro, così suddivisi:

- 30 miliardi di euro nei 7 sottosettori dove l'Italia è al primo posto, ovvero: lavorazione e conservazione di frutta e ortaggi (9,6 miliardi); produzione di paste alimentari, cuscus e prodotti farinacei simili (8,1 miliardi); lavorazione delle granaglie (6,2 miliardi); produzione di biscotti, fette biscottate e prodotti di pasticceria conservati (4,2 miliardi); produzione di gelati (1,2 miliardi); produzione di margarina e grassi commestibili simili

(0,8 miliardi); produzione di bevande distillate non fermentate (0,1 miliardi). Il valore della produzione di questi 7 sottosectori costituisce complessivamente il 33% del valore della produzione dell'UE negli stessi settori;

- 32 miliardi di euro nei 6 sottosectori dove l'Italia è al secondo posto, ovvero: produzione di vini da uve (11,4 miliardi); produzione di oli e grassi (6,1 miliardi); produzione di cacao, cioccolato, caramelle e confetterie (5,9 miliardi); lavorazione del caffè e del tè (5,0 miliardi); distillazione e miscelatura di alcolici (3 miliardi); produzione di amidi e prodotti amidacei (1 miliardo). Il valore della produzione di questi 6 sottosectori costituisce complessivamente il 23% del valore della produzione dell'UE negli stessi settori;
- 57 miliardi di euro nei 9 sottosectori in cui l'Italia è terza, ovvero: prodotti lattiero-caseari (18,9 miliardi); produzione di prodotti a base di carne (10,7 miliardi); produzione di pane e prodotti di pasticceria freschi (7,5 miliardi); industria delle bibite analcoliche, delle acque minerali e delle altre acque in bottiglia (5,8 miliardi); produzione di altri alimentari (5,7 miliardi); produzione di mangimi per l'alimentazione degli animali da allevamento (4,5 miliardi); produzione di succhi di frutta e di ortaggi (1,7 miliardi); industria del tabacco (1,3 miliardi); produzione di preparati omogeneizzati e di alimenti dietetici (1,3 miliardi). Il valore della produzione di questi 9

sotto-settori costituisce complessivamente il 13% del valore della produzione dell'UE negli stessi settori¹³⁰.

Figura 4.1 - Posizionamento dell'Italia nella UE in 22 sotto-settori dell'agroalimentare.



Fonte 4.1- Elaborazione Fondazione Edison su dati Eurostat.

La forza dell'agroalimentare italiano e i suoi risultati, soprattutto negli ultimi anni, sono confermati dai dati relativi al commercio internazionale.

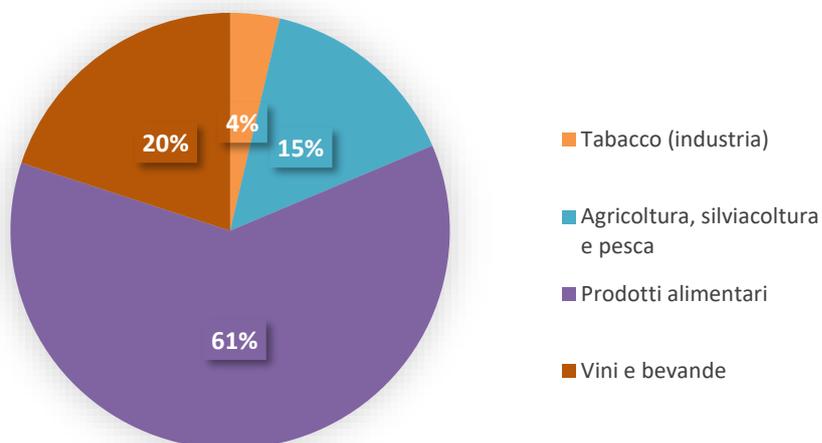
L'export agroalimentare italiano ha avuto una crescita esponenziale negli ultimi tre decenni, passando dal corrispondente di 7,8 miliardi del 1991 ai 52 miliardi del

¹³⁰ M. Fortis, A. Sartori, S. Corradini, M. Carminati, *Il settore agroalimentare italiano*, Fondazione Edison – Fondazione Argentina Altobelli, pp. 26-27.

2021. Nello stesso periodo intervallo di tempo si è passati da 12 milioni di tonnellate a 27 milioni di tonnellate di prodotti agroalimentari esportati. Il saldo commerciale del settore agroalimentare italiano è divenuto positivo negli ultimi anni. Infatti, la crescita dei flussi commerciali si è contraddistinta per un aumento delle esportazioni superiore a quello delle importazioni, tale da determinare un surplus di circa 3,5 miliardi di euro nel 2021.

Come si può evincere dalla figura 4.2, circa il 15% delle esportazioni agroalimentari proviene dal settore primario (agricoltura, silvicoltura e pesca), per un valore di 7,8 miliardi di euro nel 2021. Le esportazioni di prodotti dell'industria alimentare valgono 32 miliardi e rappresentano il 61% del totale. I prodotti dell'industria delle bevande, di cui il vino è il re indiscusso, valgono 10,4 miliardi e rappresentano il 20% del totale. Le industrie di trasformazione di alimenti e bevande pesano quindi per i quattro quinti (circa l'80%) del totale. Completa il quadro l'industria del tabacco (4%), che ha trovato un importante rinnovamento negli ultimi tempi, grazie agli investimenti dei gruppi multinazionali nell'area bolognese, una delle aree più specializzate al mondo nel settore del packaging.

Figura 4.2 - Esportazioni dei prodotti agroalimentari italiani 2021.



Fonte 4.2 - Elaborazione Fondazione Edison su dati Istat.

Tra i prodotti del settore primario esportati spiccano quelli delle colture permanenti che, con 3,6 miliardi, rappresentano il 46% delle esportazioni di agricoltura, silvicoltura e pesca. A loro si aggiungono i 2,7 miliardi delle colture non permanenti, che rappresentano un altro 35%. Quindi, i prodotti delle colture agricole insieme valgono circa quattro quinti delle esportazioni dell'intero settore primario. È interessante notare che oltre il 10% è attribuibile all'esportazione di piante vive.

I prodotti delle industrie alimentari sono molto vari e comprendono 5,1 miliardi di esportazioni di prodotti da forno e farinacei (16%), 4,4 miliardi di prodotti delle industrie lattiero-casearie (14%), 4,1 miliardi di frutta e ortaggi lavorati e conservati (13%) e 3,8 miliardi di carni lavorate e prodotti a base di carne (12%). Queste

tipologie di prodotti elencati rappresentano più della metà (55%) delle esportazioni delle industrie alimentari.

Nell'ambito dell'industria delle bevande, i vini di uve hanno un ruolo di primo piano. Questi ultimi con 7,1 miliardi di esportazioni coprono una quota vicina al 70%. Ma questa industria è caratterizzata anche da grandi esportazioni di altri prodotti come le bevande alcoliche distillate, rettificata e miscelata (con 1,3 miliardi e il 13%) e le bevande analcoliche e le acque minerali (con 1,2 miliardi e il 12%)¹³¹.

Le produzioni sono diffuse su tutto il territorio nazionale ma ci sono dei territori maggiormente specializzati sia nella produzione sia nell'esportazione. Per i prodotti delle colture permanenti, tra i territori specializzati, ci sono Bolzano, Cuneo, Bari, Verona e Catania. Invece, per i prodotti delle colture non permanenti, le esportazioni maggiori provengono dai territori di Salerno, Verona, Forlì-Cesena, Latina e Perugia.

I prodotti alimentari delle industrie di trasformazione vengono in maggior misura esportati dai territori di Cuneo, Parma, Verona, Milano, Salerno, Modena, Napoli, Torino.

¹³¹M. Fortis, A. Sartori, S. Corradini, M. Carminati, *Il settore agroalimentare italiano*, Fondazione Edison – Fondazione Argentina Altobelli, pp. 40-41.

Per i vini e le bevande le maggiori esportazioni originano dai territori di Cuneo, Verona, Treviso, Bergamo e Asti.

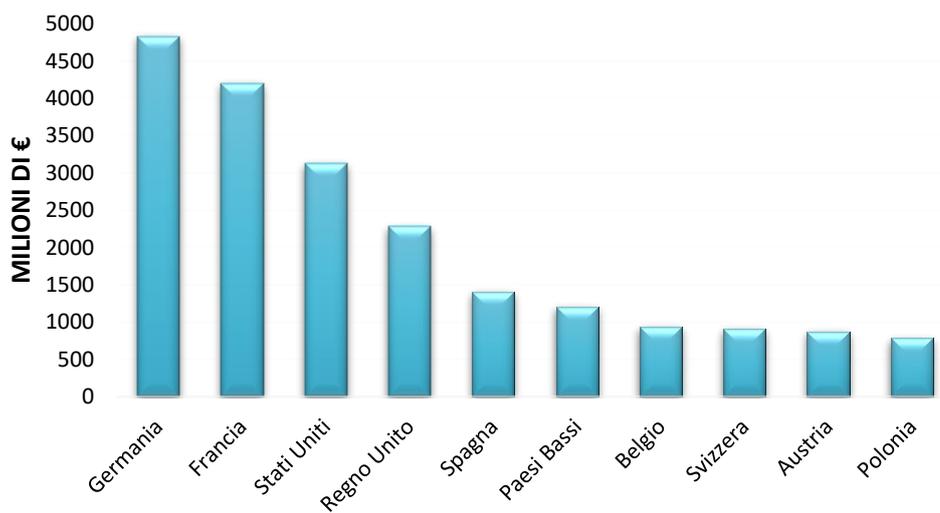
Per quanto riguarda i mercati di destinazione, anch'essi sono vari ma rappresentano delle destinazioni consolidate nel tempo.

Riguardo alle colture agricole i paesi di destinazione sono soprattutto Germania e Francia. I prodotti delle colture permanenti sono destinati principalmente alla Germania (1.022 milioni di euro di controvalore nel 2021), alla Francia (395 milioni) e in Spagna (224 milioni). I prodotti delle colture non permanenti sono diretti in primis sempre in Germania (710 milioni) poi Francia (215 milioni) e Paesi Bassi (206 milioni).

Riguardo ai prodotti delle industrie alimentari e dei vini e bevande, si registrano il maggior numero di esportazioni come si evince dalla figura 4.3 e dalla figura 4.4. Oltre a quelli diretti nei tradizionali mercati europei, ci sono grandi flussi destinati oltre manica e oltre oceano. Infatti, per i prodotti alimentari la prima e la seconda destinazione sono rispettivamente Germania (4.832 milioni) e Francia (4.201 milioni) ma poi ci sono gli Stati Uniti (3.125 milioni) e il Regno Unito (2.285 milioni). Riguardo le bevande, specialmente i vini, gli Stati Uniti sono collocati al

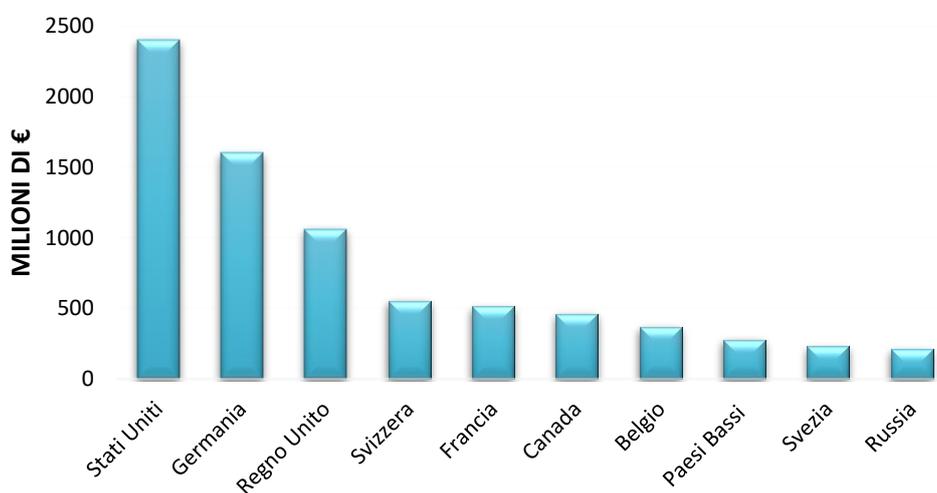
primo posto (2.400 milioni). Al secondo posto si trova la Germania (1.601 milioni) e al terzo posto il Regno Unito (1.062)¹³².

Figura 4.3 – Destinazione delle esportazioni dei prodotti alimentari italiani nel 2021.



Fonte 4.3 – Elaborazione Fondazione Edison su dati Istat.

Figura 4.4 – Destinazione delle esportazioni di vini e bevande italiani nel 2021.



Fonte 4.4 - Elaborazione Fondazione Edison su dati Istat.

¹³² *Ibidem.*

Le categorie di prodotti alimentari, in cui l'Italia risulta altamente specializzata nel commercio internazionale e che registrano surplus commerciali di alto valore sono: vini di uve; pasta e riso; ortaggi, frutta e loro preparazioni; prodotti da forno; formaggi e latticini; conserve animali e cioccolato e altre preparazioni con cacao. Il surplus commerciale generato da queste 7 categorie di prodotti ha un valore di circa 20 miliardi di euro (nel 2021). Nello specifico, i vini di uve con un saldo pari a 6,7 miliardi risultano essere la prima categoria, pasta e riso con 3,4 miliardi è la seconda, mentre gli ortaggi, la frutta e le loro preparazioni con oltre 3 miliardi si trovano al terzo posto. Nelle ultime quattro posizioni si trovano i prodotti da forno con un saldo di 2 miliardi, i formaggi e i latticini con 1,8 miliardi, le conserve animali con circa 1,7 miliardi e infine la cioccolata e le altre preparazioni contenenti cacao con un saldo di 1,5 miliardi. Le esportazioni di queste categorie ammontano a circa 31 miliardi. In prima posizione con 9,5 miliardi di euro di esportazioni ci sono ortaggi, frutta e le loro preparazioni (nel 2021). Al secondo posto ci sono i vini di uve con 7,1 miliardi, al terzo si trovano la pasta e il riso con 3,7 miliardi, al quarto i formaggi e i latticini con 3,6 miliardi, al quinto i prodotti da forno con 2,9 miliardi, al sesto la cioccolata e le altre preparazioni contenenti cacao con 2,1 miliardi e al settimo ed ultimo posto le conserve animali con 2 miliardi¹³³.

¹³³ M. Fortis, A. Sartori, S. Corradini, M. Carminati, Il settore agroalimentare italiano, Fondazione Edison – Fondazione Argentina Altobelli, pag.53.

4.2 Le principali sfide e criticità del settore agroalimentare italiano

Le categorie di prodotti alimentari di cui si è parlato nel paragrafo precedente sono il fiore all'occhiello del Made in Italy.

La sfida per il settore è quella di riuscire a garantire la giusta alimentazione, sia dal punto di vista qualitativo e nutrizionale, sia dal punto di vista quantitativo, a tutta la popolazione mondiale, salvaguardando l'ecosistema e le risorse naturali e promuovendo al contempo un'occupazione di qualità.

Tra i principali rischi che il settore deve affrontare vi sono gli aspetti legati al cambiamento climatico. Il peggioramento della qualità dell'aria, l'aumento delle temperature, la volatilità delle stagioni, i cambiamenti nei cicli delle precipitazioni e la frequenza di fenomeni estremi come ondate di calore, siccità, tempeste e alluvioni sono alcuni esempi di come tali fenomeni possano influenzare il settore.

A questi si aggiungono altri elementi ambientali, come il deterioramento del suolo provocato dalle concentrazioni di ozono e la crescente diffusione di parassiti e malattie che possono colpire le colture.

Tutti questi fenomeni incidono direttamente sulle produzioni, provocando cambiamenti nelle quantità e nelle qualità nutrizionali degli alimenti. Inoltre, generano mutamenti nelle esigenze dei processi di lavorazione, ad esempio in termini di irrigazione e nei tempi di produzione. Le temperature più calde

comportano uno spostamento delle produzioni nella stagione invernale, nonché nelle vocazioni produttive specifiche delle aree agricole.

La stagione di crescita delle colture agricole in Europa si è allungata tra il 1992 al 2016 di oltre 10 giorni. I tempi per la fioritura delle colture perenni sono aumentati di circa 2 giorni per decennio negli ultimi 50 anni. Inoltre, i cambiamenti climatici hanno generato un aumento della domanda di acqua per la produzione agricola, determinando un deficit idrico in costante crescita dal 1992 al 2015¹³⁴.

Anche gli allevamenti di bestiame risentono inevitabilmente degli impatti dei cambiamenti climatici, in particolare per quanto riguarda la disponibilità e la qualità delle colture per l'alimentazione del bestiame e la generale vulnerabilità ai fenomeni meteorologici di carattere estremo.

Tutte queste conseguenze possono avere pesanti impatti sia sulla resa delle colture, sia sulla gestione degli allevamenti, con effetti consistenti sulla possibilità del settore di garantire la sostenibilità e la sicurezza alimentare, ossia la capacità di continuare a soddisfare nel tempo la domanda globale di prodotti vegetali.

A loro volta, le attività legate alla filiera agroalimentare, dai campi di coltivazione e raccolta, passando per la lavorazione, il confezionamento e la logistica, fino alla grande distribuzione, producono impatti significativi e variegati su diverse aree

¹³⁴ *Ivi*, pp. 6-7.

dello sviluppo sostenibile, in particolare sulla dimensione ambientale e su quella dell'occupazione. Questi impatti sono legati in modo specifico ai modelli di produzione adottati lungo tutte le fasi della filiera che prevedono ritmi di domanda e offerta molto sostenuti e poco adatti alle dinamiche stagionali specifiche della filiera. Le piantagioni intensive e la monocoltura esercitano un ruolo fondamentale nell'esaurimento e nell'erosione del suolo. L'uso massiccio di pesticidi e fertilizzanti, le pratiche inappropriate di aratura e pascolo provocano l'inquinamento e il deterioramento delle risorse idriche. Gli allevamenti intensivi di animali e l'uso di fonti energetiche prevalentemente tradizionali nelle fasi di lavorazione e trasformazione determinano un'intensità di emissioni significativa per l'intero settore. La fase di confezionamento comporta un ampio uso di materiali altamente inquinanti come la plastica. Mentre la fase di trasporto ha un'influenza significativa in materia di inquinamento associato al traffico terrestre.

Gli impatti delle attività agroalimentari si manifestano anche sulla dimensione occupazionale. Infatti, per come è articolata e strutturata la filiera, presenta diverse aree che lasciano spazio a distorsioni nei processi e nelle dinamiche di lavoro. Da un lato, la grande frammentazione delle fasi produttive e degli attori che compongono la filiera rende molto complesso l'intero meccanismo di definizione delle quantità vendute e dei rispettivi prezzi. Questo si riflette in una distribuzione disomogenea dei profitti lungo la catena del valore. Dall'altro lato, la filiera è

colpita da fenomeni di utilizzo di manodopera non regolare, in funzione di alcune caratteristiche come la stagionalità delle colture e l'elevata presenza di lavoratori stranieri. Allo stesso tempo, è indubbio che il settore esprima un'intensa domanda di lavoro che può comportare effetti altamente positivi sull'attivazione nel mercato anche di donne e giovani, che vedono nel settore un'interessante prospettiva di sviluppo anche di tipo imprenditoriale.

Data la rilevanza dell'impatto sulla dimensione ambientale e occupazionale, l'Unione Europea ha posto il settore agroalimentare al centro del proprio piano di sviluppo per il raggiungimento degli obiettivi fissati dall'Agenda 2030, definendo la strategia "Dal produttore al consumatore". Gli obiettivi di questa strategia sono: garantire prodotti alimentari sostenibili a costi sostenuti, far fronte ai cambiamenti climatici, preservare la biodiversità e potenziare l'agricoltura biologica¹³⁵.

Il settore agroalimentare italiano risulta essere il più green d'Europa¹³⁶ grazie a fattori come la gestione del territorio in grado di prevenire fenomeni idrogeologici avversi, la tutela della biodiversità, la crescente diffusione del biologico, l'efficienza nell'uso della chimica e dell'acqua, l'uso di energie rinnovabili (dal biogas al fotovoltaico) e l'uso delle nuove tecnologie. Dunque, il settore

¹³⁵ A. Montanino, S. Camerano, A. Carriero, D. Ciferri, E. Padoan, L. Recagno, C. Valdes, La sfida della sostenibilità per la filiera agroalimentare italiana, CDP THINK TANK Brief, pp. 6-7.

¹³⁶ Fondazione Symbola, Unioncamere, CONAI, Novamont, Ecopneus, Agroalimentare Made in Italy e Green Economy – Rapporto GreenItaly, 2021.

agroalimentare italiano, riuscendo a coniugare tutela dell'ambiente, qualità delle produzioni e crescita economica del Paese svolge un ruolo di primo piano in termini di sostenibilità ambientale, sociale ed economica. L'agricoltura italiana è tra le più sostenibili a livello comunitario con il 7,2% di tutte le emissioni a livello nazionale, ossia 30 milioni di tonnellate di CO₂, contro le 76 milioni di tonnellate della Francia, i 66 milioni di tonnellate della Germania, i 41 milioni del Regno Unito e i 39 milioni della Spagna. Inoltre, l'Italia presenta un elevato standard di sostenibilità anche per quanto riguarda l'utilizzo dei prodotti fitosanitari. Tra i 2011 e il 2018, l'Italia ha ridotto del 20% l'uso di pesticidi. Nello stesso periodo, invece, la Francia ha incrementato il loro utilizzo del 39% così come hanno aumentato il loro impiego anche Germania ed Austria. Negli ultimi 15 anni c'è stata una riduzione del 27,6% dell'utilizzo dei prodotti fitosanitari. Con il minor numero di prodotti agroalimentari di origine nazionale con residui chimici irregolari pari allo 0,9% per il settore ortofrutticolo e 0,6% sul totale, l'Italia si colloca ai vertici mondiali in termini di sicurezza alimentare.

In termini di produzione, l'Italia è il primo Paese europeo nel 2019 per numero di aziende agricole impegnate nel biologico, dove il numero di operatori coinvolti è salito a ben 80.643 (+2%). In crescita anche le superficie coltivate a biologico che hanno sfiorato i 2 milioni di ettari (+2%). Nel 2019 l'incidenza della superficie biologica dell'Italia ha raggiunto il 15,8% della superficie agricola utilizzata (Sau)

a livello nazionale. Questo dato posiziona l'Italia ben al di sopra della media UE e la vede avanti a paesi come la Spagna (10,1%), la Germania (9,07%) e la Francia (8,06%).

Il settore della bioagricoltura è in forte crescita in Italia. Le aziende che impiegano tecniche biodinamiche sono pari a 4.500 ma sono in continua crescita. Dal 2016 al 2019, le aziende sono cresciute del 27,9%, di cui le aziende agricole del 16,5%, i trasformatori del 43% e i distributori del 28,3%. Inoltre, l'Italia è il primo esportatore europeo di prodotto biodinamico.

Nel settore ittico vi è una forte riduzione dell'uso degli antibiotici. Le innovazioni tecnologiche in questo settore sono varie. Riguardo alla pesca, esse sono dirette a sviluppare pratiche e tecniche di cattura a basso impatto sull'ecosistema marino e sull'ambiente e alla riduzione delle plastiche in mare mediante l'utilizzo di nuovi materiali compostabili¹³⁷.

¹³⁷ Fondazione Symbola, Unioncamere, CONAI, Novamont, Ecopneus, Agroalimentare Made in Italy e Green Economy – Rapporto GreenItaly, 2021.

4.3 Il ruolo delle tecnologie digitali per la sostenibilità nel settore agroalimentare

Le tecnologie digitali come l'intelligenza artificiale, il machine learning, l'internet of things, la blockchain e i big data sono in grado di dare un significativo contributo in termini di sostenibilità al settore agroalimentare. La digitalizzazione comporta che le attività di gestione all'interno e all'esterno dell'azienda agricola (nell'ambito della più ampia catena del valore e del sistema alimentare) si concentrino su diversi tipi di dati (sulla posizione, sul clima, sul comportamento, sullo stato fitosanitario, sul consumo, sull'uso di energia, sui prezzi e sulle informazioni economiche, ecc.), utilizzando sensori, droni, macchine e satelliti col fine di monitorare gli animali, il suolo, l'acqua, le piante e gli esseri umani. I dati acquisiti sono utilizzati per analizzare il passato e prevedere il futuro, in modo da prendere decisioni più tempestive o accurate, tramite un monitoraggio costante o specifiche indagini di big data science. La digitalizzazione è in grado anche di rispondere alle preoccupazioni della società in merito all'agricoltura come la provenienza e la tracciabilità degli alimenti, il benessere degli animali nelle industrie zootecniche e l'impatto ambientale su tutto il settore agroalimentare. Con la digitalizzazione è possibile migliorare lo scambio di conoscenze e l'apprendimento mediante l'utilizzo di dati

ubiqui e di migliorare il monitoraggio di situazioni di crisi e di controversie nelle filiere e nei settori agricoli¹³⁸.

Nel quadro degli obiettivi di sviluppo sostenibile l'agricoltura digitale ha la capacità di apportare benefici economici, ambientali, sociali e culturali. I benefici economici è possibile ottenerli mediante l'aumento della produzione agricola, dell'efficienza dei costi e delle opportunità di mercato. Quelli ambientali si possono ottenere tramite un uso efficiente delle risorse e l'adattamento ai cambiamenti climatici. Infine, i benefici sociali e culturali è possibile ottenerli attraverso una maggiore comunicazione e inclusività. Al fine di ottenere tutti questi benefici sono necessari profonde trasformazioni dei sistemi agricoli, delle economie rurali, delle comunità e della gestione delle risorse naturali¹³⁹.

L'intelligenza artificiale è in grado di aiutare gli imprenditori sensibili alle prestazioni ecologiche nelle previsioni degli impatti ambientali dei loro metodi di coltivazione. L'IA può essere impiegata in modo da comprendere la risposta delle colture alle variabili del suolo, identificare gli elementi responsabili della variazione e della qualità delle colture e determinare il target di produzione. Con l'IA l'agricoltura diventa "intelligente" e viene spinta verso un approccio sostenibile che

¹³⁸ L. Klerkx, E. Jakku, P. Labarthe, *A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda*, NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 2019, pag. 2, Vol. 90-91 No. 100315.

¹³⁹ N. M. Trendov, S. Varas, M. Zeng, *Digital technologies in agriculture and rural areas*, FAO, Rome, 2019.

permette di limitare il consumo di risorse, grazie all'elaborazione dei dati, e di raggiungere uno sviluppo sostenibile¹⁴⁰. Un uso efficiente delle risorse lo si può ottenere, ad esempio, tramite indicazioni fornite dall'IA su come coltivare al fine di evitare gli sprechi, consigliando pratiche da attuare per la gestione del suolo o indicando il giusto mix e la corretta quantità di foraggi che consente di migliorare la produzione di latte delle mucche¹⁴¹. Numerosi modelli di intelligenza artificiale sono in grado di elaborare i dati derivanti dall'IoT e dai sensori in modo da fornire un'agricoltura accurata e precisa per quanto concerne la fertilità del suolo, le malattie, l'irrigazione e la regolazione dei parassiti. L'IA equipaggia i robot al fine di migliorare la produttività, l'efficienza del lavoro e la qualità dei prodotti freschi. La fruizione dei dati consente di migliorare le attività agricole poiché le aziende agroalimentari hanno la possibilità di creare valore avvalendosi della capacità dell'IA di gestire la condivisione dei dati ed il controllo degli accessi¹⁴². Le tecnologie di intelligenza artificiale sono in grado di prevedere la crescita e la resa delle piante, di ridurre al minimo il consumo di energia in un'ampia rete di impianti di refrigerazione alimentare e di automatizzare il controllo degli alimenti confezionati al dettaglio¹⁴³. Il deep learning è fondamentale nella fase industriale e

¹⁴⁰ A. Rejeb, K. Rejeb, S. Zailani, J. G. Keogh, A. Appolloni, *Examining the interplay between artificial intelligence and the agri-food industry*, Artificial Intelligence in Agriculture, 2022, Vol.6.

¹⁴¹ S. Stuto, *AI: Agroalimentare Intelligente*, tech economy 2030, S.Epifani, 2022.

¹⁴² A. Rejeb, K. Rejeb, S. Zailani, J. G. Keogh, A. Appolloni, *Examining the interplay between artificial intelligence and the agri-food industry*, Artificial Intelligence in Agriculture, 2022, Vol. 6.

¹⁴³ I. Kollia, J. Stevenson, S. Kollias, *AI-Enabled Efficient and Safe Food Supply Chain*, electronics, 2021.

commerciale dell'agroalimentare. Ad esempio, il DL, tramite le reti neurali, consente di classificare con rapidità i vari tagli di carne al fine di ottimizzare la gestione dei processi di confezionamento e di fornire interessanti informazioni nutrizionali ai consumatori. Le immagini dei diversi tagli di carne sono acquisite da un sistema di machine vision che si avvale anche di Google Immagini al fine di "addestrare" la rete neurale di deep learning¹⁴⁴. Il machine learning è capace di supportare la gestione dei raccolti e l'analisi accurata dei dati derivanti dai settori IoT¹⁴⁵. Inoltre, al fine di assicurare il benessere degli animali è di straordinaria importanza il facial action coding. Quest'ultimo si tratta di un sistema di riconoscimento facciale basato sull'uso dell'IA che può essere utilizzato, ad esempio, con gli animali al fine di analizzare il dolore, permettendo di ottimizzare la loro diagnosi e di intervenire tempestivamente con un'azione mirata ad alleviare le sofferenze¹⁴⁶.

L'IA e il ML svolgono un ruolo essenziale anche per contrastare lo spreco alimentare. Secondo l'Ansa ogni anno, il 36% del cibo prodotto a livello globale per il consumo umano viene sprecato. Nei Paesi più industrializzati, quali l'Italia, il 78% è costituito da cibo buttato via dai consumatori e il 22% da scarti del processo produttivo e del trasporto. Secondo l'antenna italiana della WOIR (World

¹⁴⁴ S. Stuto, *AI: Agroalimentare Intelligente*, tech economy 2030, S.Epifani, 2022.

¹⁴⁵ K. G. Liakos, P. Busato, D. Moshou, S. Pearson, D. Bochtis, *Machine Learning in Agriculture: A Review*, sensors, 2018, Vol. 18 No. 8.

¹⁴⁶ S. Stuto, *AI: Agroalimentare Intelligente*, tech economy 2030, S.Epifani, 2022.

Organization for International Relations), basandosi sui dati della Commissione Europea, in Europa, il primato negativo per spreco alimentare spetta all'Italia con 272 milioni di tonnellate di cibo sprecate negli ultimi vent'anni (2002-2022). A livello globale, lo spreco di cibo è la causa di 5 miliardi di tonnellate di gas serra emessi nell'atmosfera e di circa 200 miliardi di metri cubi di consumo di acqua. Ogni anno vengono sprecati 1,5 miliardi di tonnellate di cibo, con un conseguente costo di circa 900 miliardi di dollari per l'economia globale. Le tecnologie digitali consentono di ottimizzare pratiche particolarmente complesse volte a programmare la produzione, le vendite e la gestione dei processi. Ad esempio, le catene di supermercati stanno pensando a come innovare la distribuzione dei prodotti in modo da evitare gli sprechi. L'azienda Self Engine ha ideato soluzioni di scaffali intelligenti che, sulla base dei dati raccolti dai prodotti prelevati nei negozi, possono supportare le previsioni di vendita e di domanda di specifici prodotti, ottimizzando la loro rotazione e riducendo l'inventario¹⁴⁷.

Nell'industria della trasformazione alimentare, il corretto ordine e confezionamento dei prodotti alimentari è uno dei compiti più noiosi e dei processi più lunghi per le unità di produzione. Pertanto, questo compito noioso può essere affidato a sistemi di IA, in modo da ridurre al minimo la possibilità di errore e aumentare in breve tempo il livello di produzione dell'industria. Oggigiorno, la maggior parte delle

¹⁴⁷ F. Moioli, *L'intelligenza artificiale nel piatto: tutti i vantaggi per l'agri-food e contro gli sprechi*, *Agenda Digitale*, A. Longo, 2022.

operazioni di smistamento e confezionamento dei prodotti è eseguita da sistemi automatizzati. Grazie a questo tipo di sistemi, le industrie hanno ottenuto diversi vantaggi, come una maggiore velocità di produzione, una resa di alta qualità e una riduzione dei costi di manodopera. I dispositivi intelligenti sono costituiti da vari strumenti e metodologie, come telecamere ad alta risoluzione, sistemi basati su tecnologie laser, sistemi a raggi X e spettroscopia IR. Inoltre, l'IoT tramite sensori e telecamere è in grado di gestire la pulizia e la corretta manutenzione degli strumenti di lavorazione, compito che nel settore agroalimentare è fondamentale. Anche per il lancio dei nuovi prodotti, l'IA e l'IoT vengono sempre di più utilizzati. Le informazioni raccolte dai vari sistemi decisionali per i clienti vengono elaborate dal modulo basato sul ML e quindi prendono la decisione giusta per il prodotto¹⁴⁸.

L'IoT è in grado di automatizzare la lavorazione sostenibile del suolo. Questa tecnologia permette agli agricoltori di acquisire un'elevata mole di dati dal suolo. Sempre di più vengono sviluppate tecnologie di rilevamento capaci di misurare con estrema precisione la salute e la struttura del terreno utilizzando sensori a terra, satelliti, campionamenti fisici del suolo, modelli con autoapprendimento e tecniche di agronomia¹⁴⁹. Ad esempio, i sensori remoti possono quantificare l'uso dell'acqua in tempo reale e monitorare i prelievi di acqua sotterranea. I dati ottenuti permettono

¹⁴⁸ I. Kumar, J. Rawat, N. Mohd, S. Husain, *Opportunities of Artificial Intelligence and Machine Learning in the Food Industry*, Journal of Food Quality, 2021, Vol. 2021 No. speciale.

¹⁴⁹ C. Costa, IoT a terra per migliorare la gestione del suolo in agricoltura, Internet4Things, M. T. Della Mura, 2023.

di definire gli obiettivi per una gestione sostenibile dell'acqua. Le applicazioni digitali offrono agli agricoltori la possibilità di utilizzare i loro smartphone per controllare le pompe di irrigazione a distanza, risparmiando tempo, energia e acqua. Un utilizzo più efficiente dei sistemi di irrigazione consente anche una riduzione dell'energia per il loro funzionamento, con una conseguente riduzione di emissioni¹⁵⁰.

La tecnologia blockchain risulta essere una componente chiave nella catena di fornitura alimentare, ai fini della riduzione degli sprechi alimentari e di una consapevolezza maggiore degli alimenti consumati, poiché i prodotti di migliore qualità influiscono positivamente sulla salute e sulla qualità della vita dei consumatori. Dunque, la blockchain supportata dall'intelligenza artificiale e dall'IoT è capace di trasformare l'intera catena di fornitura alimentare all'insegna di una maggiore sostenibilità, garantendo trasparenza lungo tutta la filiera, riducendo le frodi alimentari e favorendo la sicurezza alimentare. La blockchain rappresenta una piattaforma sicura ed affidabile in cui i dati forniti dall'IoT possono essere archiviati e resi accessibili da ciascun attore della filiera alimentare. La blockchain, utilizzata con i sensori e i tracker IoT, è destinata a essere adottata sempre più spesso nel settore agroalimentare, offrendo numerosi vantaggi, quali:

¹⁵⁰ R. A. Bahn, A. Al Kareem Yehya, R. Zurayk, *Digitalization for Sustainable Agri-Food Systems: Potential, Status, and Risks for the MENA Region*, Sustainability, 2021, pag.157, Vol. 13 No. 6.

- una maggiore semplificazione della catena di fornitura alimentare e una riduzione dei costi per i venditori;
- una conformità normativa più snella;
- un miglioramento delle tempistiche associate al processo di ritiro degli alimenti;
- un significativo abbattimento delle frodi alimentari¹⁵¹.

4.3.1 Il contributo economico

Le tecnologie digitali sono in grado di accrescere il contributo economico del settore agroalimentare mediante una maggiore produttività ed efficienza nell'utilizzo delle risorse fisiche, naturali o immateriali, come i dati.

Le applicazioni di queste tecnologie nelle aziende agricole possono avvenire a valle delle catene del valore e nell'ambito dei servizi pubblici e di e-government. I sistemi digitali di informazione fondiaria o i registri elettronici consentono di migliorare i dati catastali e di semplificarne l'accesso e la fruizione. Le mappe catastali sono spesso diverse dalla realtà e questo impedisce lo sviluppo del mercato dei terreni agricoli e il consolidamento delle aziende. A questo proposito, i governi hanno la

¹⁵¹ F. M. R. Livelli, *Come la blockchain può garantire maggiore sostenibilità nel settore agroalimentare*, Agrifood.tech, M. Bellini, 2020.

possibilità di migliorare le mappe catastali tramite l'aggiornamento delle mappe catastali digitali¹⁵².

Dal punto di vista aziendale, le piattaforme digitali offrono grandi vantaggi:

- permettono alle aziende di accedere più facilmente ai macchinari e ai servizi agricoli, in modo particolare a quelli più costosi¹⁵³;
- consentono di creare nuovi mercati efficienti per il noleggio di macchinari, garantendo un accesso più economico al capitale fisico per i piccoli agricoltori e utilizzando beni poco utilizzati. Lo scopo è di far incontrare i fornitori di servizi di noleggio di macchinari con i potenziali clienti;
- permettono di ridurre i costi unitari dei servizi di noleggio di macchinari grazie al risparmio dei costi di transazione e ricerca. Questa riduzione è possibile perché il costo marginale derivante dall'incontro tra acquirenti e venditori mediante queste piattaforme è molto basso¹⁵⁴;
- garantiscono un'ottimizzazione del processo decisionale e la gestione degli agricoltori mediante i dati agronomici, metereologici e informativi sui prezzi con un conseguente aumento dei loro profitti e dei loro redditi.

¹⁵² R. A. Bahn, A. Al Kareem Yehya, R. Zurayk, *Digitalization for Sustainable Agri-Food Systems: Potential, Status, and Risks for the MENA Region*, Sustainability, 2021 pag. 156, Vol. 13 No. 6.

¹⁵³ T Kutter, S Tiemann, R Siebert, A. Fountas, *The role of communication and co-operation in the adoption of precision farming*, Precision Agriculture, 2011, Vol. 12 No. 1.

¹⁵⁴ R. A. Bahn, A. Al Kareem Yehya, R. Zurayk, *Digitalization for Sustainable Agri-Food Systems: Potential, Status, and Risks for the MENA Region*, Sustainability, 2021, pag. 157 Vol. 13 No. 6.

Inoltre, l'accesso alle informazioni permette una maggiore inclusione nei mercati anche per i produttori rurali emarginati;

- favoriscono il miglioramento delle prestazioni del settore agroalimentare durante o in risposta a shock o crisi, sia naturali che di origine antropica. Al fine di migliorare la gestione agroalimentare e limitare i rischi risulta essere sempre più diffusa la combinazione di applicazioni di telerilevamento e big data. Queste applicazioni possono essere utilizzate sull'intera catena di valore, inclusi i fornitori di input, i fornitori di logistica, gli attori del mercato e i responsabili politici;
- sono in grado di limitare i rischi finanziari. I contratti intelligenti rappresentano uno strumento di mitigazione del rischio flessibile, a basso costo, sicuro (tracciabile e irreversibile) e altamente personalizzabile in funzione di una vasta gamma di rischi e pagamenti, con costi di transazione minimi e senza la necessità di terze parti¹⁵⁵;
- diminuiscono i costi per stabilire l'affidabilità finanziaria degli agricoltori e valutare il rischio assicurativo¹⁵⁶. Questi costi ridotti si possono concretizzare in tassi di interesse più bassi per gli agricoltori, favorendo l'accesso ai servizi finanziari;

¹⁵⁵ R. A. Bahn, A. Al Kareem Yehya, R. Zurayk, *Digitalization for Sustainable Agri-Food Systems: Potential, Status, and Risks for the MENA Region*, Sustainability, 2021 pag. 159, Vol. 13 No. 6.

¹⁵⁶ J. Kim, P. Shah, J. C. Gaskell, A. Prasann, *Scaling Up Disruptive Agricultural Technologies in Africa*, World Bank Documents, 2020.

- riducono i costi di transazione relativi all'informazione, i quali contribuiscono ad ampliare l'accesso ai mercati dei fattori produttivi, a ridurre le asimmetrie informative e le inefficienze dovute alla dipendenza dagli intermediari di mercato;
- consentono di migliorare la trasparenza dei prezzi, indispensabile in quei mercati dove i prezzi sono poco chiari, come nel caso dei mercati all'ingrosso dove i commercianti tendono a sfruttare le asimmetrie informative a danno degli agricoltori.

Attraverso l'impiego delle tecnologie digitali i rendimenti delle coltivazioni potrebbero aumentare enormemente entro il 2050. Si potrà ottenere un aumento del 18% dei rendimenti grazie all'applicazione di fertilizzanti di precisione, del 13% dovuto alla semina di precisione, del 4% grazie all'irrorazione di precisione e del 10% derivante dall'irrigazione di precisione¹⁵⁷.

Le piattaforme digitali sono in grado anche di migliorare la qualità dei servizi di divulgazione. Questi ultimi in alcuni Paesi, soprattutto quelli più poveri, sono carenti e non sono in grado di rispondere alle necessità degli agricoltori, in quanto limitano le visite alle aziende agricole e forniscono informazioni obsolete che precludono l'utilizzo delle nuove tecnologie di produzione. Il servizio di e-

¹⁵⁷ J. Revich, R. Koort, P. Archambault, A. Samuelson, *Precision farming: Cheating Malthus with digital agriculture*, Goldman Sachs Investment, New York, 2016.

extension consente agli agricoltori di accedere in tempo reale a dati e informazioni importanti al fine di supportare pratiche agricole sostenibili, soluzioni intelligenti sul piano climatico e l'accesso al mercato¹⁵⁸. La divulgazione di informazioni agricole per mezzo di tecnologie mobili ha la capacità di incrementare i rendimenti del 4% e l'adozione di input agrochimici consigliati del 22%¹⁵⁹.

Le tecnologie digitali permettono di ottimizzare l'organizzazione e la gestione della filiera agricola, ottimizzando le prestazioni degli aggregatori. Le piccole aziende agricole ricorrono sempre più spesso ad aggregatori come le cooperative di agricoltori e le organizzazioni che utilizzano strumenti digitali al fine di migliorare la raccolta, il trasporto e il controllo della qualità. Il raggruppamento di produttori, aggregatori e acquirenti su un'unica piattaforma accresce il volume delle transazioni, aumenta i prezzi per gli agricoltori, crea opportunità imprenditoriali per gli aggregatori e garantisce agli acquirenti prodotti tracciabili e di qualità superiore¹⁶⁰.

¹⁵⁸ R. A. Bahn, A. Al Kareem Yehya, R. Zurayk, *Digitalization for Sustainable Agri-Food Systems: Potential, Status, and Risks for the MENA Region*, Sustainability, 2021 pag. 158, Vol. 13 No. 6.

¹⁵⁹ R. Fabregas, M. Kremer, F. Schilbach, *Realizing the potential of digital development: The case of agricultural advice*, Science, 2019, Vol. 366 No. 6471.

¹⁶⁰ R. A. Bahn, A. Al Kareem Yehya, R. Zurayk, *Digitalization for Sustainable Agri-Food Systems: Potential, Status, and Risks for the MENA Region*, Sustainability, 2021 pp. 159-160, Vol. 13 No. 6.

Entro il 2030 la blockchain può ridurre dell'1-2% lo spreco di cibo nel sistema alimentare mondiale¹⁶¹.

Infine, l'utilizzo di tecnologie digitali finalizzati alla generazione di dati agricoli consente un monitoraggio e una valutazione dei programmi governativi più efficaci in termini di costi. Ad esempio, le immagini satellitari offrono informazioni tempestive, coerenti e imparziali sulla sostenibilità e sull'efficacia degli investimenti agricoli. I costi e i tempi necessari ai fini del monitoraggio della copertura e dell'uso del suolo, dell'altitudine, dei suoli e dei bacini idrici sono considerevolmente ridotti dalle tecnologie di telerilevamento¹⁶².

¹⁶¹ World Economic Forum, *Innovation with a Purpose: Improving Traceability in Food Value Chains through Technology Innovations*, Geneva, Switzerland, 2019.

¹⁶² R. A. Bahn, A. Al Kareem Yehya, R. Zurayk, *Digitalization for Sustainable Agri-Food Systems: Potential, Status, and Risks for the MENA Region*, Sustainability, 2021, pag.161, Vol.13 No. 6.

4.3.2 Il contributo ambientale

Con il ricorso alle tecnologie digitali è possibile utilizzare in modo più efficiente le risorse naturali, come l'acqua e la terra. Ciò, può comportare una riduzione dei loro consumi e dunque una maggiore sostenibilità.

Inoltre, l'utilizzo delle tecnologie digitali nell'azienda agricola permette di ridurre in modo significativo l'uso di input come fertilizzanti e pesticidi, i quali causano l'inquinamento del suolo e dell'acqua, un eccessivo consumo di energia ed una notevole produzione di CO₂¹⁶³. Invece, vi è una prospettiva critica, la quale ritiene che le tecnologie digitali non possano garantire un'agricoltura sostenibile dal momento che si basa sull'impiego di prodotti agrochimici¹⁶⁴.

Le tecnologie digitali consentono di ridurre le emissioni di gas serra tramite la riduzione dell'uso del carburante, del ricorso ai fertilizzanti azotati e della lavorazione del terreno. Nelle catene di fornitura agroalimentari, le tecnologie come i sensori consentono di migliorare la logistica dei trasporti riducendo il consumo di carburante e apportando benefici ambientali mediante la riduzione delle emissioni

¹⁶³Ivi, pag. 162.

¹⁶⁴J. Clapp, S.-L. Ruder, *Precision Technologies for Agriculture: Digital Farming, Gene-Edited Crops, and the Politics of Sustainability*, Global Environmental Politics, 2020 Vol. 20 No. 3.

di carbonio. Anche l'e-commerce è in grado di ridurre le emissioni di gas serra grazie all'efficienza dei trasporti¹⁶⁵.

L'uso delle tecnologie digitali permette di ridurre la pressione sulle risorse naturali e diminuire il disboscamento dei terreni producendo effetti positivi sul mantenimento della biodiversità e dei servizi ecosistemici¹⁶⁶.

Una tecnologia in via di sviluppo riguarda l'applicazione dell'intelligenza artificiale abbinata all'installazione del fotovoltaico. Questa soluzione innovativa permette di incrementare la produzione agricola da fonti rinnovabili e i benefici in termini economici senza intaccare ulteriormente il suolo.

L'agrivoltaico è un mercato in forte crescita a causa dell'aumento della popolazione e della ridotta disponibilità dei suoli per produrre energia rinnovabile. L'applicazione dei sensori IoT e dell'intelligenza artificiale proteggono le colture e gestiscono l'inclinazione dei pannelli fotovoltaici in modo da sfruttare al meglio la luce solare.¹⁶⁷

¹⁶⁵ H. El Bilali, M. S. Allahyari, *Transition towards sustainability in agriculture and food systems: Role of information and communication technologies*, Information Processing in Agriculture, 2018, Vol. 5 No. 4.

¹⁶⁶ J. Clapp, S.-L. Ruder, *Precision Technologies for Agriculture: Digital Farming, Gene-Edited Crops, and the Politics of Sustainability*, Global Environmental Politics, 2020, Vol. 20 No. 3.

¹⁶⁷ A. Balocchi, *AI per l'agrivoltaico, conciliando fotovoltaico e produzione agricola*, Tech4Future, 2023.

Le tecnologie che permettono il miglioramento decisionale attraverso un incremento della precisione degli input agrochimici hanno la capacità di regolare i cambiamenti climatici, di preservare le biodiversità e di proteggere il terreno agricolo. Rispetto alle tecniche tradizionali di agricoltura intensiva, le tecnologie digitali consentono di ottenere raccolti più consistenti con impatti positivi o neutri sui servizi ecosistemici, soprattutto riguardo la regolazione del flusso idrico e il miglioramento della struttura e della fertilità del suolo¹⁶⁸.

Dal momento che i sistemi agroalimentari sostenibili sono caratterizzati da un'elevata intensità di conoscenza, essi possono basarsi su una vasta raccolta di dati e informazioni provenienti da diverse fonti, tra cui le tecnologie digitali come l'ICT e il telerilevamento¹⁶⁹. Nel corso del tempo, la raccolta di dati significativi derivanti dalle tecnologie digitali è in grado di consentire una comprensione più chiara degli effetti dell'agricoltura intensiva e dell'attuale sistema alimentare industriale sull'ambiente e delle conseguenze causate dal cambiamento climatico sulla produzione agricola. Ciò, di conseguenza, può permettere una comprensione dell'agricoltura sostenibile e delle politiche per promuoverla, nonché incentivare

¹⁶⁸ K. Garbach, J. C. Milder, F. A. J. DeClerck, M. M. De Wit, L. Driscoll, B. Gemmill-Herren, *Examining multi-functionality for crop yield and ecosystem services in five systems of agroecological intensification*, 2016 Vol. 15 No. 1.

¹⁶⁹ H. El Bilali, M. S. Allahyari, *Transition towards sustainability in agriculture and food systems: Role of information and communication technologies*, Information Processing in Agriculture, 2018, Vol. 5 No. 4.

delle azioni al fine di contrastare il cambiamento climatico¹⁷⁰. Ad esempio, il monitoraggio effettuato con la tecnologia satellitare può aiutare i governi nella valutazione dell'impatto delle attività agricole sull'ecosistema, nello sviluppo di normative più adeguate, nell'applicazione di pratiche di gestione sostenibile dei terreni e nell'affrontare la vulnerabilità ai cambiamenti climatici¹⁷¹.

4.3.3 Il contributo sociale

Le tecnologie digitali, soprattutto l'automazione e la robotica trovano una vasta tipologia di applicazioni nel settore agroalimentare che spaziano dal rilevamento alla semina, dal monitoraggio del bestiame alla consegna degli alimenti. Tutte queste applicazioni sono in grado di fornire numerosi benefici sociali, come condizioni di lavoro più sicure, la riduzione del fabbisogno di manodopera con un conseguente impatto vantaggioso sull'occupazione¹⁷². Le tecnologie digitali possono sostituire il lavoro umano nelle attività agricole ad alta intensità di capitale. Ad esempio, la robotica è in grado di sostituire il lavoro manuale per mansioni come la sarchiatura, la raccolta e la mungitura. Le tecnologie digitali permettono anche agli agricoltori (soprattutto a quelli piccoli) di accrescere le proprie competenze, in

¹⁷⁰ S. Van Der Burg, M.-J. Bogaardt, S. Wolfert, *Ethics of smart farming: Current questions and directions for responsible innovation towards the future*, NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 2019, Vol. 90-91.

¹⁷¹ J. Kim, P. Shah, J. C. Gaskell, A. Prasann, *Scaling Up Disruptive Agricultural Technologies in Africa*, World Bank Documents, 2020.

¹⁷² M. Herrero et al., *Articulating the effect of food systems innovation on the Sustainable Development Goals*, The Lancet Planetary Health, 2021, Vol. 5 No. 1.

modo da incentivare l'inclusione di agricoltori poco qualificati e aiutare a incrementare la loro produttività. A ciò si aggiunge il fatto che le nozioni necessarie allo sviluppo e al corretto funzionamento delle tecnologie digitali per l'agricoltura favoriscono la creazione di nuove opportunità di lavoro. Di conseguenza, la digitalizzazione del settore agricolo può creare posti di lavoro più remunerativi, produttivi e ad alta intensità di competenze nel settore agricolo e lungo le catene del valore¹⁷³.

Un ulteriore beneficio sociale che le tecnologie digitali sono in grado di apportare riguarda l'identificazione digitale degli agricoltori. L'identificazione è in grado di supportare il passaggio dall'informalità alla formalità collegando gli agricoltori ai loro beni e aumentando l'accesso ai servizi finanziari. Inoltre, l'identificazione degli agricoltori è di supporto agli imprenditori agricoli e ai fornitori di soluzioni digitali che oggi giorno destinano all'identificazione e alla profilazione degli agricoltori target la metà dei loro sforzi iniziali per lo sviluppo del business. Inoltre, i sistemi di identificazione digitale possono essere utilizzati dai governi al fine di distribuire più efficacemente i sussidi in entrata e in denaro agli agricoltori, creare profili digitali degli agricoltori per ottimizzare l'erogazione dei servizi e offrire nuove opportunità economiche ai poveri.

¹⁷³ World Bank Group, Future of food: Harnessing digital technologies to improve food system outcomes, 2019.

Infine, le tecnologie digitali permettono anche di agevolare la distribuzione dei pagamenti della rete di sicurezza sociale con un'efficienza maggiore. Ad esempio, in caso di pandemia il ricorso a pagamenti digitali o a voucher elettronici permette di ridurre maggiormente il contatto umano e dunque di tutelare la salute¹⁷⁴.

Tabella 4.1- Il contributo delle tecnologie digitali nelle tre dimensioni: economico, ambientale e sociale.

CONTRIBUTO ECONOMICO	CONTRIBUTO AMBIENTALE	CONTRIBUTO SOCIALE
<ul style="list-style-type: none"> • Incremento della produttività ed efficienza • Miglioramento dei servizi pubblici e di e-government • Creazione di nuovi mercati • Riduzione dei costi unitari • Aumento dei rendimenti delle coltivazioni • Ottimizzazione dei processi decisionali • Miglioramento dei servizi di divulgazione • Limitazione dei rischi finanziari • Diminuzione del costo del credito e di transizione • Maggiore trasparenza • Riduzione dello spreco alimentare • Riduzione dei costi e tempi per il monitoraggio 	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione dei consumi di acqua e suolo • Riduzione dell'inquinamento • Riduzione delle emissioni di gas serra • Diminuzione dei disboscamenti • Riduzione dell'utilizzo delle risorse naturali • regolazione del flusso idrico • Miglioramento della struttura e della fertilità del suolo 	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione del fabbisogno di manodopera • Maggiore sicurezza sul lavoro • Aumento delle competenze personali • Nuove opportunità di lavoro • Identificazione digitale degli agricoltori • Agevolazioni sulla distribuzione dei pagamenti

¹⁷⁴ R. A. Bahn, A. Al Kareem Yehya, R. Zurayk, *Digitalization for Sustainable Agri-Food Systems: Potential, Status, and Risks for the MENA Region, Sustainability*, 2021, pag. 162, Vol. 13 No. 6.

4.4 Sfide e rischi nell'utilizzo delle tecnologie digitali

Una prima sfida legata all'utilizzo delle tecnologie riguarda la complessità della gestione dei dati. Nel momento in cui le tecnologie digitali vengono impiegate efficacemente all'interno di un'azienda, viene generata una enorme quantità di dati. Questi big data possono essere utilizzati dai responsabili politici e decisionali al fine di effettuare scelte corrette ed efficienti. Essi offrono un supporto olistico che permette di fronteggiare le complessità del settore agricolo come le esigenze degli agricoltori e dei consumatori¹⁷⁵. Nonostante l'adozione dei big data sia potenzialmente capace di offrire enormi opportunità e benefici, l'applicabilità all'agricoltura è ancora discussa, per via della struttura complessa di questa tecnologia che può risultare difficile da implementare in assenza di un supporto da parte di istituzioni e servizi e di una decisa iniziativa¹⁷⁶. La gestione dei dati può risultare molto complessa a causa della loro struttura¹⁷⁷. È essenziale coordinare gli sforzi di diverse parti interessate al fine di poter disporre di dati importanti provenienti da fonti eterogenee¹⁷⁸. Shepherd et al. (2018) sostengono che la

¹⁷⁵ M. C. Annosi, F. Brunetta, F. Capo, L. Heideveld, *Digitalization in the agri-food industry: the relationship between technology and sustainable development*, *Management Decision*, 2020, Vol. 58 No. 8.

¹⁷⁶ M. N. I. Sarker, M. S. Islam, H. Murmu, E. Rozario, *Role of big data on digital farming*, *International Journal of Scientific and Technology Research*, 2020, Vol. 9 No. 4.

¹⁷⁷ M. K. Saggi, S. Jain, *A survey towards an integration of big data analytics to big insights for value-creation*, *Information Processing and Management*, 2018, Vol. 54 No. 5.

¹⁷⁸ Ş. Aydin, M. N. A. Aydin, *Sustainable multi-layered open data processing model for agriculture: IoT based case study using semantic web for hazelnut fields*, *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 2020, Vol. 5 No. 2.

governance dei dati deve essere progettata in modo tale da garantire una condivisione equa dei benefici dell'agricoltura digitale, sebbene l'elevato contenuto tecnico delle informazioni e dei dati vada ad ostacolare la loro potenziale utilità¹⁷⁹. Tali problemi possono causare difficoltà nell'elaborazione dei dati da parte dei responsabili politici, specialmente in assenza di un sistema formale che agevoli la gestione dei big data¹⁸⁰.

Un'altra sfida legata all'uso delle tecnologie digitali riguarda la differenza di genere. Secondo uno studio condotto da Hay e Pearce (2014) le donne dedite alla pastorizia, fanno uso di tecnologie digitali tre volte più spesso degli uomini. Malgrado le divisioni di genere siano ancora presenti, il crescente impiego delle tecnologie digitali nel settore agroalimentare contribuisce a colmare questo divario¹⁸¹. Oltre alla marginalizzazione di genere, ci sono anche altre variabili che ostacolano l'accesso e l'uso delle tecnologie digitali come le barriere linguistiche, i costi elevati e le scarse competenze e conoscenze¹⁸².

¹⁷⁹ M. Sheperd, J. A. Turner, B. Small, D. Wheeler, *Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the 'digital agriculture' revolution*, Journal of the Science of Food and Agriculture, 2018.

¹⁸⁰ M. C. Annosi, F. Brunetta, F. Capo, L. Heideveld, *Digitalization in the agri-food industry: the relationship between technology and sustainable development*, Management Decision, 2020, Vol. 58 No. 8.

¹⁸¹ R. Hay, P. Pearce, *Technology adoption by rural women in Queensland, Australia: women driving technology from the homestead for the paddock*, Journal of Rural Studies, 2014, Vol. 36.

¹⁸² F. Mulauzi, K. S., Albright, *Information and Communication Technologies (ICTs) and development information for professional women in Zambia*, International Journal of Technology Management, 2008, Vol. 45 Nos. 1-2.

Anche la mancanza di modernità rappresenta una sfida. Né il livello di istruzione, né il livello di reddito rappresentano una vera barriera nell'utilizzo delle tecnologie digitali ma essere aggiornati è di fondamentale importanza. Gli agricoltori giovani o che hanno figli sono più propensi ad utilizzare le tecnologie digitali nelle loro aziende agricole poiché la generazione di oggi è abituata ad utilizzarle più frequentemente e dunque trovano poche difficoltà nel loro utilizzo¹⁸³.

L'utilizzo delle tecnologie digitali dipende anche dalle caratteristiche dell'azienda agricola, nello specifico in base al ramo vi è una diversa adozione delle tecnologie. Ad esempio, Hennessy et al. (2016) con il loro studio hanno individuato che gli agricoltori del ramo lattiero-caseario hanno utilizzato il doppio delle volte il computer rispetto agli agricoltori impegnati nella coltivazione¹⁸⁴.

La mancanza di servizi è un'altra sfida da affrontare nell'utilizzo delle tecnologie digitali¹⁸⁵. Spesso, vi è una mancanza di servizi che impedisce l'utilizzo della digitalizzazione. È fondamentale, supportare le iniziative dei governi al fine di

¹⁸³ M. C. Annosi, F. Brunetta, F. Capo, L. Heideveld, *Digitalization in the agri-food industry: the relationship between technology and sustainable development*, Management Decision, 2020, Vol. 58 No. 8, pag. 1747.

¹⁸⁴ T. Hennessy, D. Läpple, B. Moran, *The digital divide in farming: a problem of access or engagement?*, Applied Economic Perspectives and Policy, 2016, Vol. 38 No. 3.

¹⁸⁵ M. C. Annosi, F. Brunetta, F. Capo, L. Heideveld, *Digitalization in the agri-food industry: the relationship between technology and sustainable development*, Management Decision, 2020, Vol. 58 No. 8, pag. 1748.

perseguire uno sviluppo su larga scala della tecnologia dei big data e la realizzazione di modelli di business sostenibili¹⁸⁶.

Un'ultima sfida riguarda gli ostacoli insiti nella valutazione dei benefici. Gli attori del settore agroalimentare devono valutare attentamente l'implementazione delle tecnologie digitali e i benefici derivanti dal loro utilizzo¹⁸⁷. Gli agricoltori devono focalizzarsi sulla valutazione dei benefici a lungo termine dell'agricoltura basata sulla robotica, specie in fase di valutazione dei costi e delle scelte di investimento¹⁸⁸.

Purtroppo, la digitalizzazione del settore agroalimentare comporta anche diversi rischi.

Un primo rischio riguarda lo spostamento di manodopera. Le tecnologie digitali possono sostituire il lavoro umano nel settore agroalimentare. Queste tecnologie comprendono robot per la gestione del raccolto, trattori privi di conducente, droni per l'irrorazione, intelligenza artificiale per la gestione dell'applicazione di prodotti chimici e fertilizzanti e l'agricoltura lattiero-casearia di precisione. Al contrario, le tecnologie digitali sono capaci anche di creare posti di lavoro ad elevata

¹⁸⁶ M. N. I., Sarker, M.S., Islam, H. Murmu, E. Rozario, *Role of big data on digital farming*, International Journal of Scientific and Technology Research, 2020, Vol. 9 No. 4.

¹⁸⁷ M. C. Annosi, F. Brunetta, F. Capo, L. Heideveld, *Digitalization in the agri-food industry: the relationship between technology and sustainable development*, Management Decision, 2020, pag. 1748.

¹⁸⁸ V. Lakshmi, B. Bahli, *Understanding the robotization landscape transformation: a centering resonance analysis*, Journal of Innovation and Knowledge, 2020, Vol. 5 No. 1.

qualificazione e retribuzione, tra cui la gestione e la manutenzione dei robot o l'analisi e l'interpretazione dei dati raccolti da fonti digitali e dall'IA¹⁸⁹.

Un altro rischio è dato dai divari di adozione e dall'aumento delle disuguaglianze. In base alle differenze nelle sfide o nel modo in cui le affrontano, i piccoli agricoltori e i grandi agricoltori commerciali dispongono di un potenziale diverso per quanto concerne l'adozione delle tecnologie digitali. È fondamentale che entrambi traggano beneficio dall'innovazione digitale¹⁹⁰. Inoltre, quest'ultima non deve accentuare le disuguaglianze che solitamente svantaggiano le donne, i giovani, i rifugiati e altri gruppi vulnerabili che potrebbero non avere un uguale livello di accesso alle tecnologie e alle competenze¹⁹¹.

Un ulteriore rischio riguarda i timori sulla proprietà, la privacy, la sicurezza e il riutilizzo equo dei dati generati dalle tecnologie digitali da parte degli agricoltori e degli operatori del settore. Ciò può frenare la loro volontà di adottarle nelle loro aziende agricole¹⁹².

¹⁸⁹ L. Wiserman, J. Sanderson, A. Zhang, E. Jakku, *Farmers and their data: An examination of farmers' reluctance to share their data through the lens of the laws impacting smart farming*, NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 2019, Vol. 90-91 No. 100301.

¹⁹⁰ S. Van Der Burg, M.-J. Bogaardt, S. Wolfert, *Ethics of smart farming: Current questions and directions for responsible innovation towards the future*, NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 2019, Vol. 90-91.

¹⁹¹ R. A. Bahn, A. Al Kareem Yehya, R. Zurayk, *Digitalization for Sustainable Agri-Food Systems: Potential, Status, and Risks for the MENA Region*, *Sustainability*, 2021, pag. 166, Vol. 13 No. 6.

¹⁹² S. Van Der Burg, M.-J. Bogaardt, S. Wolfert, *Ethics of smart farming: Current questions and directions for responsible innovation towards the future*, NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 2019, Vol. 90-91.

Infine, un ultimo rischio è legato all'uso delle risorse ed alla produzione di rifiuti. Sebbene le tecnologie digitali possano apportare importanti benefici ambientali, esse possono anche generare nuovi flussi di utilizzo di risorse e di produzione di rifiuti. Ne sono un esempio le emissioni di gas serra derivanti dall'aumento del consumo di energia, dall'archiviazione di dati ad alta intensità energetica o dai rifiuti di materiali elettronici e digitali¹⁹³.

Dunque, al fine di ottenere benefici dall'utilizzo delle tecnologie digitali è essenziale conoscere e saper affrontare nel giusto modo le sfide e mitigare i rischi (Tabella 4.2).

Tabella 4.2- Sfide e rischi nell'utilizzo delle tecnologie digitali nel settore agroalimentare.

SFIDE	RISCHI
• Complessità della gestione dei dati	• Spostamento di manodopera
• Marginalizzazione di genere	• Incremento dei divari di adozione
• Divario generazionale	• Aumento delle diseguaglianze sociali
• Specializzazione delle aziende agricole	• Violazione della privacy e della sicurezza
• Mancanza di servizi	• Generazione di nuovi flussi di utilizzo di risorse
• Analisi costi e benefici	• Aumento della produzione di rifiuti

¹⁹³ M. Herrero et al., *Articulating the effect of food systems innovation on the Sustainable Development Goals*, The Lancet Planetary Health, 2021, Vol. 5 No. 1.

4.5 La situazione delle imprese italiane

Malgrado la crisi causata dal Covid-19 negli ultimi anni l'Agricoltura 4.0 ha proseguito il suo trend di crescita ed evoluzione in Italia. Infatti, il mercato è cresciuto passando da 540 milioni di euro di vendite nella prima metà del 2020 a 1,6 miliardi di euro nel 2021 (+23%)¹⁹⁴ fino ad arrivare a 2,1 miliardi di euro nel 2022 (+31%). A crescere è anche la superficie coltivata con soluzioni 4.0 che passa dal 6% del 2021 all'8% nel 2022. I macchinari connessi e i sistemi di monitoraggio e controllo di mezzi e attrezzature rappresentano il 65% del valore del mercato. Con un +15% sono in forte crescita anche i sistemi di monitoraggio da remoto di coltivazioni, terreni e infrastrutture. I principali benefici offerti dall'agricoltura intelligente sono la riduzione dei costi di produzione e dell'utilizzo di risorse come acqua, concimi e foraggi. Tra le esigenze maggiormente soddisfatte dalle soluzioni di Agricoltura 4.0, secondo le aziende agricole utilizzatrici, primeggiano quelle relative all'efficienza, con una diminuzione dell'utilizzo dei più importanti input produttivi. Oltre la metà delle aziende agricole utilizzatrici adotta più di una soluzione. Mediamente, un'azienda agricola adotta tre soluzioni, questo è un dato in crescita rispetto al 2021 (+21%). L'82% delle aziende di trasformazione

¹⁹⁴ Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Gestionale, *Agroalimentare italiano: è boom del mercato dell'Agricoltura 4.0*, 2022.

agroalimentare ha utilizzato o sperimentato almeno una soluzione digitale. Di queste, pressoché la metà ne ha implementate quattro o più contemporaneamente, segnando un aumento del 30% rispetto al 2020. Le aree in cui le aziende stanno apportando le maggiori innovazioni sono specialmente quelle riguardanti la tracciabilità degli alimenti, la produzione, la logistica e il controllo qualità delle materie prime e dei prodotti finiti.

Chiara Corbo, direttrice dell'Osservatorio Smart Agrifood afferma che: “Tra le tecnologie abilitanti in ambito agricolo prevalgono quelle atte a raccogliere, memorizzare, analizzare dati, con soluzioni tecnologiche trasversali ai diversi comparti e processi”¹⁹⁵. È essenziale consentire l'integrazione dei dati raccolti da sistemi diversi, interni o esterni così come è altrettanto importante la condivisione dei dati al fine di garantire visibilità su tutta la filiera, per una maggiore tracciabilità e sostenibilità delle produzioni agroalimentari.

Senza considerare i software di gestione aziendale, tra le soluzioni più adottate ci sono quelle basate sulla tecnologia del cloud computing (58%), i codici QR (56%), quelle abilitate dalla tecnologia mobile (come app per tablet e smartphone per il monitoraggio dei percorsi dei veicoli, il controllo della catena del freddo e il controllo della qualità del prodotto finale, 45%), ERP e MES (37%) e soluzioni di

¹⁹⁵ Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Gestionale, *Osservatorio Smart AgriFood*: *L'agricoltura 4.0 italiana sfonda muro dei 2 miliardi di euro nel 2022, +31%, 2023.*

automazione avanzata come robot e cobot (34%). In particolare, sono proprio queste ultime, insieme al cloud, a segnare una crescita considerevole nel 2020, mettendo in evidenza la necessità di avvalersi di soluzioni digitali per archiviare elevate quantità di informazioni e di dotarsi di grandi risorse di calcolo. L'88% delle aziende sta innovando nel campo della tracciabilità alimentare utilizzando o sperimentando soluzioni digitali, come software gestionali integrati (56%), soluzioni mobile (26%) e cloud (21%) al fine di ridurre i tempi di tracciabilità del prodotto in caso di criticità e ottimizzare i processi di inserimento dei dati, riducendo il margine di errore. Inoltre, questi sistemi permettono di esaltare le caratteristiche del prodotto agli occhi del consumatore finale, specialmente tramite l'utilizzo di QR Code, e di semplificare i rapporti e i processi di verifica e di controllo con gli enti pubblici. La propensione all'innovazione appare evidente anche in relazione all'offerta tecnologica. In Italia, il 75% delle soluzioni digitali per la tracciabilità degli alimenti è abilitato da tecnologie innovative, e il 17% di queste è proposto da startup, le quali in questo contesto forniscono principalmente soluzioni che si basano sulla tecnologia blockchain. Sebbene i numeri positivi sull'adozione e le opportunità di sviluppo offerte dalle numerose tecnologie ancora poco utilizzate e conosciute, soltanto poco meno del 30% delle aziende intende investire nelle moderne soluzioni nell'arco dei prossimi tre anni. Comunque sia, l'80% delle aziende che non ha intenzione di investire ha già adottato una o più

soluzioni digitali, dunque con molta probabilità, prima di investire nuovamente in queste soluzioni, desiderano misurare i benefici¹⁹⁶.

Per quanto riguarda le start up innovative nell'agroalimentare, l'Italia ad oggi è al quindicesimo posto con meno del 2%. Mentre ne troviamo il 27% negli Stati Uniti, il 7% nel Regno Unito e in India, il 6% in Canada e il 3% in Germania. Chiara Corbo ritiene che il risultato per l'Italia non è così negativo come si possa pensare poiché, sebbene le start up siano diminuite rispetto al 2022, comunque la quindicesima posizione su una classifica che comprende tutto il mondo è un ottimo piazzamento.

In Italia è in crescita la Data Analysis, ossia sensori intelligenti o droni dall'alto capaci di raccogliere dati nel terreno o sulle colture, per poi elaborarli con sofisticati algoritmi capaci di progettare dei modelli predittivi finalizzati ad accrescere l'efficienza produttiva dell'azienda agricola¹⁹⁷.

Comunque sia, il mercato dell'Agricoltura 4.0 sta crescendo a grandi ritmi. Le aziende iniziano a comprendere le potenzialità e i benefici che le soluzioni digitali sono in grado di apportare nel settore agroalimentare. In aggiunta, le aziende possono usufruire delle agevolazioni previste nei PSR (Programmi di Sviluppo

¹⁹⁶ *Ivi.*

¹⁹⁷ A. Bertaglio, *Agritech, il 2% le start up innovative nell'agroalimentare in Italia, tech economy 2030*, S. Epifani, 2023.

Rurale) e dal Piano Transizione 4.0. Il numero di aziende che ha usufruito almeno di un incentivo è elevato, così come lo è il numero di agricoltori, i quali affermano che i sostegni hanno avuto un impatto decisivo sulle loro scelte di investimento. Purtroppo, sono presenti anche criticità che ne limitano l'utilizzo. In primo luogo, l'eccessiva burocrazia necessaria per ottenere i finanziamenti. In secondo luogo, gli incentivi non considerano alcune esigenze delle aziende agricole e non sono quindi utili per l'acquisto di tutte le soluzioni di cui necessitano¹⁹⁸.

4.6 Alcune esperienze italiane

Ad evidenza di quanto esposto nel paragrafo precedente, di seguito vengono illustrati una serie di esempi al fine di dare una visione reale di come le aziende italiane decidano di affidarsi alle tecnologie digitali più innovative. Per ogni esempio viene analizzato il problema che l'azienda ha dovuto fronteggiare, l'adozione della tecnologia più adatta alla situazione e il beneficio in termini di sostenibilità e modus operandi dell'azienda.

4.6.1 Rio mare e la tracciabilità digitale

Rio Mare è un marchio italiano di conserve ittiche prodotte dalla Bolton Food. L'industria alimentare, specialmente quella ittica, necessita di sicurezza e affidabilità. Al giorno d'oggi i consumatori prestano sempre più attenzione ai

¹⁹⁸ A. Bacchetti, C. Corbo, F. Maffezzoli, M. Pavesi, *Agricoltura 4.0, come evolve lo scenario in Italia: il ruolo della blockchain*, Agenda Digitale, A. Longo, 2022.

prodotti che portano in tavola e il momento dell'acquisto è un momento in cui ci si informa sul prodotto, specialmente sulla sua provenienza. Pertanto, la gestione di queste informazioni deve essere sempre più improntata a criteri di affidabilità e di accessibilità. Rio Mare per valorizzare il suo impegno ambientale e lavorare sulla qualità della filiera ha scelto di arricchire i suoi prodotti di un valore aggiunto, avvalendosi della piattaforma sviluppata su IBM Cloud. Con questa soluzione i consumatori hanno la possibilità di accedere anonimamente e conoscere in tempo reale l'intero processo produttivo del tonno Rio Mare, ossia il metodo di pesca, l'oceano e la zona FAO di provenienza, il nome della nave e dello stabilimento di produzione, inclusi approfondimenti sui temi dei diritti umani e della pesca sostenibile. A tale scopo, occorre collegarsi con qualsiasi dispositivo come smartphone, tablet o pc e inserire il codice presente sul prodotto. Tra le priorità dell'azienda ci sono da sempre la sicurezza del consumatore e la sostenibilità della filiera. Questa soluzione è l'evoluzione di una collaborazione pluriennale tra IBM e Rio Mare. Tramite un percorso di innovazione e trasformazione digitale reso possibile dalle soluzioni di automazione dei processi IBM, si è raggiunta una maggiore efficienza, un elevato controllo e automazione dei processi. In aggiunta, si è sviluppato un sistema di tracciabilità della catena di fornitura leader nel settore e certificato ISO22005. Le informazioni tracciate dal sistema sono a disposizione di tutti i consumatori mediante una piattaforma innovativa. Questa piattaforma, attiva nei 21 Paesi in cui sono commercializzati i prodotti Rio Mare, è di portata

globale ed è tra le prime al mondo ad essere presente su una filiera di produzione così complessa. Quest'ultima si approvvigiona da vari oceani al fine di garantire la sostenibilità della pesca, tracciando tutti i passaggi che il tonno effettua lungo la filiera di produzione in modo da garantire la massima sicurezza e qualità per i consumatori¹⁹⁹. Da un recente studio²⁰⁰ condotto da Morning Consult e IBM sulla tracciabilità del pesce emerge che i consumatori, specialmente quelli di età tra i 35 e i 50 anni, vorrebbero ricevere maggiori informazioni sul prodotto da loro consumato e sarebbero propensi a pagare fino al 10% in più pur di ricevere informazioni sicure e verificate su provenienza, sicurezza e produzione. La ricerca dimostra un forte interesse per la freschezza, l'origine, il ciclo di vita, la lavorazione, l'autenticità delle informazioni sulla confezione, la sicurezza, l'impatto sull'acqua e la sostenibilità. Luciano Pirovano, Global Sustainable Development Director di Bolton Food sostiene che tramite questa piattaforma si vuole rafforzare maggiormente la relazione con i consumatori col fine di soddisfare le loro richieste inerenti a una maggiore conoscenza del processo produttivo del tonno Rio Mare.

Rolando Neiger, GM Global Business Services di IBM Italia, afferma che nel progetto con Bolton si è voluto coniugare tecnologia e competenze professionali e industriali a beneficio dei consumatori. Infatti, il consumo responsabile costituisce

¹⁹⁹ C. Costa, La carta d'identità del tonno Rio Mare grazie al Cloud e a IBM Services, Agrifood.tech, M. Bellini, 2020.

²⁰⁰ Morning Consult, *Fish Traceability*, 2020.

il presupposto per una concreta sostenibilità ambientale, la quale oggi giorno non può prescindere dall'innovazione e dal capitale umano²⁰¹.

4.6.2 Parmalat e le stalle digitali

Tra Parmalat, società per azioni italiana, leader del settore lattiero caseario e xFarm Technologies, una tech company, è nata una collaborazione con l'intento comune di garantire l'efficienza, la sostenibilità e la tracciabilità della filiera produttiva del latte avvalendosi delle potenzialità del digitale. Si tratta di un progetto tra i primi in Europa che consente agli allevatori di gestire e tracciare le mandrie di vacche da latte, i loro piani alimentari e i reflui zootecnici in maniera efficiente e sostenibile. L'obiettivo è quello di tracciare le 400 stalle che consegnano il latte agli stabilimenti Parmalat in tutta Italia. Maurizio Bassani, General Manager di Parmalat, sostiene che con questo progetto l'azienda si pone tre obiettivi: studiare pratiche pionieristiche per il benessere degli animali, garantire ai consumatori un prodotto che sia sempre più in linea con le esigenze di sostenibilità e gettare le basi per una professione sempre più evoluta e tecnologicamente avanzata. Grazie al supporto di xFarm, è possibile semplificare e rendere utilizzabili i dati inerenti ai parametri chiave in modo da capire come vengono alimentati gli animali, come viene prodotto il loro mangime, come avviene il processo digestivo e di gestione delle deiezioni.

²⁰¹ C. Ruffini, *Rio Mare, al via una nuova piattaforma sviluppata da IBM per la tracciabilità del prodotto e il consumo responsabile*, IBM, 2020.

La conoscenza del funzionamento delle stalle rappresenta il primo step per il confronto dei dati e la condivisione delle giuste soluzioni al fine di diminuire il loro impatto ambientale; infatti, l'alimentazione degli animali e la produzione delle deiezioni sono i due maggiori fattori che causano un incremento dell'impronta di carbonio nella stalla.

Il progetto è iniziato nel giugno del 2022 e avrà una durata di 5 anni. La prima parte del progetto prevede il coinvolgimento di 47 stalle appartenenti a tre diverse filiere dislocate in diverse aree d'Italia. Le tre filiere sono: la Filiera Aqua e la Filiera Bio che constano di 32 stalle ubicate in Friuli-Venezia Giulia in cui si fornisce il latte per il Montasio DOP, il latte fresco e il latte biologico; la filiera Bio Parmigiano Reggiano che comprende 7 stalle localizzate a Parma; infine, la Filiera Bio di Roma che è composta da 8 stalle bio situate nella provincia di Roma. Questa prima parte del progetto consente ad xFarm di testare la piattaforma e la tecnologia ad essa collegata da applicare successivamente su larga scala. Relativamente a questo progetto, xFarm ha ampliato la propria piattaforma introducendo una nuova funzione mirata all'allevamento in grado di consentire il monitoraggio dei piani di alimentazione mediante un sistema di compilazione automatica di alcune informazioni. Tra queste vi è la composizione e la quantità delle razioni somministrate e la gestione della mandria sulla base delle caratteristiche delle vacche. Infine, per garantire la tracciabilità finalizzata alla sostenibilità della filiera

vengono utilizzati sensori tecnologicamente avanzati e molteplici dispositivi dell'Internet of Things (IoT) installati all'interno delle stalle.

La filiera è interamente coinvolta e gli allevatori hanno partecipato ad un corso di formazione. Il progetto è stato presentato agli allevatori mediante un ciclo di incontri organizzati da Parmalat e dai responsabili di filiera, con il sostegno di xFarm. In seguito, si sono svolte giornate di formazione finalizzate ad introdurre xFarm, le principali funzionalità della piattaforma e attività di follow-up per la piena assimilazione di questa nuova iniziativa. Al termine della prima fase sperimentale, il progetto prevede il monitoraggio di 100 stalle fino alla tracciabilità di 400 stalle che forniscono latte ai vari stabilimenti Parmalat presenti su tutto il territorio italiano. L'intento è quello di incrementare i dati di tracciabilità del prodotto e assicurare al consumatore una maggiore trasparenza delle materie prime, in modo da renderlo più consapevole dei propri acquisti²⁰².

4.6.3 Lavazza e la rivoluzione legata al cloud

Il Gruppo Lavazza, società per azioni italiana attiva nel mercato globale del caffè, aveva come obiettivo principale quello di trasferire tutti i data center e i carichi di lavoro aziendali in un unico ambiente cloud. Grazie al progetto di migrazione al Cloud Azure, ha potuto migliorare la flessibilità, la competitività e la sostenibilità

²⁰² M. Peluso, *xFarm e Parmalat insieme per contribuire a rendere la filiera del latte sostenibile attraverso la transizione digitale delle stalle*, xFarm, 2022.

ambientale. Il merito lo si deve a Microsoft ed al gruppo Techedge, multinazionale italiana e leader mondiale nella progettazione e sviluppo di tecnologie software innovative e consulenza per la trasformazione digitale che hanno permesso al Gruppo Lavazza di effettuare il passaggio, in pochi mesi, ad una nuova infrastruttura IT basata sul Cloud. La migrazione al Cloud è stata concepita in un'ottica di maggiore flessibilità, al fine di cogliere nuove opportunità di business e di rispondere alle richieste di un mercato in continua evoluzione. La strategia del Gruppo Lavazza ha condotto alla definizione di un programma globale di trasformazione digitale all'interno del quale il progetto di migrazione al cloud ha avuto un ruolo centrale. Il progetto ha come obiettivo la migrazione al cloud pubblico di centinaia di sistemi operativi, oltre 70 applicazioni e un volume di dati aziendali pari a circa 90 Terabyte, in modo da garantire efficienza, operativa e scalabilità, abbattendo al tempo stesso i consumi energetici e l'impatto ambientale della funzione ICT del Gruppo. A causa della composizione mista dell'infrastruttura esistente, la migrazione è stata molto complessa. L'azienda, infatti, adottava diverse soluzioni nelle varie sedi, dai data center esterni interamente esternalizzati agli impianti di produzione e server farm a gestione interna. Dopo una prima fase di valutazione, pianificazione e preparazione dell'architettura su Azure, i processi e i dati del Gruppo Lavazza sono stati gradualmente trasferiti dai 3 data center precedentemente in uso al cloud pubblico di Microsoft.

Domenico Restuccia, CEO di Techedge, sottolinea che si tratta di un progetto capace di apportare non solo vantaggi economici, tecnologici e di agilità operativa ma anche benefici in termini di sostenibilità. Le piattaforme cloud pubbliche constano di elevati livelli di efficienza e di riduzione dell'impronta di carbonio, non raggiungibili con soluzioni tradizionali nemmeno da aziende di portata globale come Lavazza.

Federico Suria, Direttore della Divisione Enterprise Commercial di Microsoft, definisce il cloud computing un eccezionale strumento di sostenibilità, che consente l'efficienza dei processi e la riduzione dell'impatto ambientale. La piattaforma cloud Microsoft Azure garantisce scalabilità e flessibilità nella gestione di applicazioni particolarmente complesse, sicurezza integrata capace di fronteggiare situazioni di disaster recovery ed efficienza energetica tramite i requisiti green dei Datacenter Azure, elementi strategici ai fini dello sviluppo e della crescita del business di un gruppo globale come Lavazza²⁰³.

²⁰³ Microsoft, *Agile, competitiva e sostenibile: Microsoft e Techedge portano in cloud i processi di business di Lavazza*, 23 febbraio 2022.

4.6.4 La tecnologia ad infrarossi: Raviolificio Lo Scoiattolo

Il Raviolificio Lo Scoiattolo è una società per azioni incentrata sulla produzione di pasta fresca dal 1983. Nel 2021 essa pubblica il suo primo Bilancio di Sostenibilità e si impegna con un contributo concreto a perseguire le sfide globali e internazionali identificate dalle Nazioni Unite e definite nell'Agenda 2030. Il problema principale che ha dovuto affrontare era relativo alla presenza di microfori nel packaging dei suoi prodotti, potenziali responsabili di una riduzione della conservazione del prodotto e qualità dello stesso a causa della comparsa di muffe e alterazioni del sapore e del colore. Al fine di ovviare a questi inconvenienti e tutelare la reputazione del brand, l'azienda ha optato per una soluzione innovativa, la spettroscopia a infrarossi o IR per il controllo in linea dei microfori. Questa soluzione è stata sviluppata da Antares Vision Group con tecnologia FT System. La tecnologia soppianta i tradizionali metodi distruttivi di controllo della qualità dei prodotti, attuando un controllo non distruttivo dell'intero imballaggio, riducendo così la quantità di confezioni destinate a diventare rifiuti con un conseguente impatto positivo sulla sostenibilità. La macchina, oltre a controllare con accuratezza i fori, verifica anche che le informazioni più importanti riportate sull'etichetta, quali la data di scadenza, il codice del lotto e il codice a barre, indispensabile nella vendita del prodotto, siano corrette. Ogni errore potrebbe costare caro al brand, inclusi i richiami del prodotto, i costi di smaltimento e persino i contenziosi. Tramite l'adozione di questa tecnologia, l'azienda ha registrato un drastico calo delle non

conformità legate ai microfori e alle confezioni mal sigillate, pari a circa il 45% nel confronto con lo stesso periodo dell'anno precedente (settembre-dicembre 2022 vs settembre-dicembre 2021). Dunque, Scoiattolo ora è in grado di garantire la sicurezza dei prodotti e la soddisfazione dei propri consumatori²⁰⁴.

4.6.5 Grom e il dispositivo WeTag

Secondo l'Organizzazione Mondiale del Lavoro, attualmente nel mondo, ogni 15 secondi un lavoratore è a terra e 153 lavoratori sono vittime di un incidente sul lavoro. Nonostante l'adeguamento di normative e leggi a tutela della sicurezza sul lavoro, la protezione delle risorse umane continua a rappresentare uno dei maggiori problemi irrisolti dell'industria contemporanea, nonché una delle sfide più importanti da affrontare nell'utilizzo e il reale successo dei nuovi scenari produttivi e logistici dell'Industria 4.0. Grom, un'azienda torinese produttrice di gelati, creme spalmabili e tavolette di cioccolato, si è posta come obiettivo quello di rafforzare la sicurezza dei dipendenti che lavorano nelle sue gelaterie. L'azienda assistita dalla consulenza in ambito H.S.E. (Health, Safety and Environment) di Assiteca Consulting, si è affidata a Smart Track, una PMI genovese, che si occupa di sviluppare sistemi IoT volti a salvaguardare la sicurezza dei lavoratori velocizzando, facilitando e automatizzando la gestione delle emergenze. La

²⁰⁴ M. Bellini, *Raviolificio Scoiattolo innova il controllo qualità "pasta fresca" con spettroscopia IR*, Agrifood.tech, 2023.

partnership si è concretizzata nella realizzazione di uno "smart device" per ciascun lavoratore, vale a dire un dispositivo indossabile denominato WeTag, il quale rimane inattivo finché non viene generato un segnale di allarme ed è richiesto un intervento, nel rispetto della privacy del lavoratore. L'allarme si attiva automaticamente in caso si verifichi la situazione un "uomo a terra" identificabile attraverso la piattaforma del dispositivo indossabile e i suoi algoritmi proprietari di elaborazione dei dati, in alternativa può essere attivato manualmente con un apposito pulsante di SOS. I segnali di allarme vengono inoltrati alla piattaforma WEB tramite rete WiFi e/o sim m2m per la massima versatilità di utilizzo. Inoltre, la piattaforma WEB consente la gestione di tutti gli esercizi commerciali dislocati sul territorio mediante un'unica interfaccia grafica georeferenziata: in caso di ricezione di un allarme, l'icona di pericolo viene geolocalizzata sul negozio presso il quale è presente il lavoratore in situazione pericolosa e contemporaneamente l'allarme, tramite e-mail e chatbot Whatsapp, viene inoltrato agli addetti alla sicurezza e al responsabile dell'area, così da ridurre al minimo i tempi di intervento e inviare tempestivamente i soccorsi.

WeTag è facilmente configurabile tramite App, è interamente waterproof, ha una ricarica semplice e veloce ed è in grado di lanciare tre feedback per ogni allarme²⁰⁵.

²⁰⁵ C. Costa, *Gelaterie e innovazione: safety con IoT e Wearable per Grom*, Agrifood.tech, M. Bellini, 2021.

4.6.6 La Canova e il Progetto Sos-Ap

La Canova è un'azienda agricola che alleva bovini da carne e coltiva cereali, destinati all'alimentazione degli animali, su un'area di oltre 317 ettari. L'azienda, da sempre, ha a cuore il benessere degli animali ed è attiva sul campo della ricerca e dell'innovazione. Tra i processi maggiormente all'avanguardia ha adottato sistemi di irrigazione e fertilizzazione a rateo variabile sulle colture di mais, consentendo un risparmio d'acqua²⁰⁶.

Il mais viene irrigato per scorrimento, con una bassa efficienza di irrigazione (EA) che varia dal 30 al 60%. Il passaggio a tecniche più efficienti non può che avvalersi di strumenti di supporto alla gestione dell'irrigazione.

Nell'azienda agricola l'irrigazione è assicurata da sette impianti ad irrorazione con ali semoventi (rainger e pivot, ippodromi) con irrigazione omogenea in turni fissi di 4-5 giorni e altezze fisse (25-30 mm a seconda dello stadio fenologico).

Il progetto Sos-Ap (Soluzioni sostenibili per l'agricoltura di precisione in Lombardia) è la dimostrazione dei risultati positivi ottenuti dall'azienda agricola La Canova.

²⁰⁶ Confagricoltura Brescia - Unione Provinciale Agricoltori, *Due aziende agricole bresciane sugli scudi: la Canova di Gambara e Al Rocol di Ome, dei soci Cena e Vimercati, le migliori in Italia per innovazione e sostenibilità*, Comunicato Stampa, 24 marzo 2022.

Da giugno 2020 a dicembre 2022, i ricercatori dell'Università di Milano e del CNR hanno seguito un percorso in tre fasi:

- monitoraggio del suolo, della vegetazione e della resa, con differenti tipologie di sensori, volti a rilevare la variabilità spaziale degli appezzamenti sperimentali;
- impiego dei dati al fine di creare mappe delle zone omogenee e di prescrizione, efficaci per le decisioni relative agli interventi sul campo;
- implementazione dell'irrigazione a rateo variabile (RV).

Per l'irrigazione nei settori a rateo variabile, i turni di irrigazione sono stati eseguiti come da programmazione e prima di ogni turno, il modello è stato eseguito in modalità di previsione. Per ogni turno, l'altezza di irrigazione è stata impostata in modo tale che il contenuto idrico della zona radicata fosse regolato in base alla capacità del campo. L'installazione di sonde di umidità (due punti per ogni settore di irrigazione) a due profondità: 20 e 40 cm (profondità raggiunta dalle radici del mais sotto aspersione) ha consentito di monitorare il contenuto idrico del suolo. I dati sono stati inviati a un server accessibile da remoto e l'irrigazione del campo pilota si è svolta tramite pivot con un pannello Valley Icon, in grado di modificare la velocità di movimento dell'asta e dunque la piovosità nei diversi settori.

L'irrigazione totale erogata con l'irrigazione priva di rateo variabile è stata di 469 mm, mentre l'irrigazione a tasso variabile nel terreno grossolano ha comportato un

risparmio idrico del 16% (391 mm totali distribuiti) e nel terreno fine del 24% (360 mm totali distribuiti). In breve, si è registrato un risparmio idrico medio del 20% e un analogo risparmio energetico.

L'emergenza idrica non è un evento occasionale ma è una situazione che si ripresenterà ogni anno a causa del cambiamento climatico. Pertanto, l'agricoltore è chiamato ad affrontare la scarsità d'acqua mediante l'introduzione di sistemi più efficienti all'interno dell'azienda agricola e lo sviluppo di un sistema irriguo di precisione. Ciò comporta nuovi investimenti, consci del fatto che sono ormai inevitabili per continuare a produrre in termini economici e che comporteranno una significativa riduzione del consumo di acqua per l'irrigazione²⁰⁷.

4.6.7 Il robot Icaro X4 al servizio della Borgoluce

Borgoluce è un'azienda agricola di mille ettari sulle colline trevigiane tra Venezia e le Dolomiti. Tra le sue sfide figurano il mantenimento della biodiversità e dell'equilibrio ambientale perseguite mediante la diversificazione delle colture. L'azienda ha deciso di sperimentare nel suo business "Icaro X4", un robot progettato da Free Green Nature S.R.L., una start up di Colle Umberto (TV), per preservare i vigneti dagli attacchi da funghi e microorganismi (Oidio, Peronospora e Botrite) che proliferano in presenza di particolari condizioni climatiche

²⁰⁷ R. Bartolini, *Mais, 20% di risparmio idrico col rateo variabile, Il Nuovo Agricoltore*, Kverneland Group Italia, 2023.

(temperatura, umidità, vento, ecc.) danneggiando le piante e compromettendo il raccolto. Il sistema messo in atto dal robot è finalizzato alla prevenzione attiva delle malattie che ogni giorno attaccano i vigneti. La capacità massima di copertura del robot è di 10/15 ettari; tale valore dipende da svariati fattori, a seconda dei casi. La contiguità della proprietà, il grado di pendenza, il tipo di terreno e le vie di navigazione per spostarsi da una proprietà all'altra sono fattori decisivi. La macchina si avvale dei raggi UVC, è alimentata da motore a benzina e batteria al litio e consta di due bracci motorizzati con un totale di 8 emettitori UV. Al passaggio tra i campi, le lampade emettono raggi UVC che colpiscono la superficie delle foglie. La tecnologia si basa sul fatto che questo particolare tipo di raggi (lunghezza d'onda compresa tra 200 e 280 nm) è capace di creare dimeri di timina nel DNA, danneggiando così i microrganismi dannosi. La frequenza delle operazioni di trattamento è regolata da una stazione situata al centro del campo, dotata di sensori supportati da una batteria alimentata a energia solare. Essi acquisiscono dati climatici e in presenza di condizioni favorevoli alla proliferazione dei microrganismi, inviano un segnale al robot per iniziare il trattamento. Icaro X4 è l'alternativa al trattamento tradizionale che per contrastare alcune malattie provocate dai funghi, prevede la distribuzione di pesticidi diluiti in acqua sulla superficie delle foglie delle piante di vite. Le operazioni sono eseguite utilizzando un trattore alimentato a diesel che esegue una serie di passaggi per ettaro di vite in base alle necessità. Il robot innovativo a differenza del trattamento tradizionale

consente di ottenere una riduzione di almeno l'80% del cambiamento climatico, dell'ozono, delle radiazioni ionizzanti, della formazione di ozono fotochimico, dell'eutrofizzazione dell'acqua dolce, marina e terrestre, dell'eco tossicità dell'acqua dolce e delle risorse (acqua, vettori energetici, minerali e metalli).

Dunque, questa innovazione risulta essere di grande importanza al fine di raggiungere l'obiettivo, fissato dalla Commissione Europea, di ridurre l'uso di pesticidi del 50% entro il 2030²⁰⁸.

4.6.8 Il magazzino 4.0 di Orogel

Orogel è una cooperativa agroalimentare, con sede a Cesena, che offre un'ampia gamma di prodotti ortofrutticoli: freschi, trasformati e surgelati. Ha più di 1500 soci produttori e oltre 2500 dipendenti. Orogel surgelati, una delle sue tre linee di prodotto, è attualmente la prima azienda interamente italiana nel mercato delle verdure surgelate e leader nel settore del Food Service. È presente nelle aree più vocate di Italia, con 12 stabilimenti produttivi e 30 centri di raccolta, in modo da lavorare, conservare e confezionare tempestivamente i prodotti appena raccolti, preservandone la freschezza. Da sempre votata alla ricerca e allo sviluppo tecnologico, l'azienda ha come missione la valorizzazione dell'agricoltura italiana, sempre nel rispetto della natura.

²⁰⁸ Warrant Innovation Lab, Analisi LCA di screening per un sistema di trattamento robotico alternativo ai prodotti antifungini in viticoltura, 2021.

L'Obiettivo di Orogel 3 era realizzare un magazzino completamente automatizzato in linea con il concetto di Industria 4.0, in un progetto caratterizzato dai più moderni criteri di sostenibilità ambientale e di innovazione tecnologica. L'azienda ha avviato il progetto "Orogel 3" a Cesena, sede del più grande dei tre stabilimenti adibiti alla surgelazione dei vegetali. Il bisogno era quello di erigere da un "greenfield", un magazzino di notevoli dimensioni (si estende su una superficie di 14 mila metri quadrati, per un volume di circa 230 mila metri cubi), in condizioni particolarmente critiche, vale a dire che avrebbe dovuto stoccare circa 40 mila tonnellate di prodotto surgelato con funzionamento a meno 25 gradi. Orogel 3 è il terzo ed ultimo impianto dopo la realizzazione dei primi due. La cella frigorifera funge sia come centro di alimentazione del confezionamento e di ricezione del prodotto confezionato e sia come base principale di spedizione per lo stabilimento di Cesena. Orogel 3 è collegato per mezzo di un ponte con gli altri due impianti e servendosi della movimentazione automatizzata trasferisce i prodotti surgelati da e verso di esso, cosicché la catena produttiva al suo interno è totalmente continua e meccanizzata, con conseguente eliminazione del trasporto su gomma. Il ricorso all'automazione mira a eliminare l'uso di carrelli elevatori elettrici all'interno dei reparti, a beneficio dell'igiene e dell'efficienza. Il reparto sarà completato da un impianto di trigenerazione in modo che il tutto si svolga con la massima attenzione ai consumi elettrici e idrici. L'intento è il raggiungimento dei massimi livelli di mantenimento della catena del freddo affinché il prodotto durante le fasi di

lavorazione dal fresco al surgelato conservi la temperatura che costituisce una garanzia per la conservazione della qualità prodotta in campagna.

Ad occuparsi dell'automazione è stata l'azienda Siemens, che ha sviluppato una soluzione che comprende non solo la cella, ma si estende fino all'anticella nonché al punto nel quale i prodotti sono trasferiti ai camion di trasporto. Prima della messa in opera dell'impianto, è stata realizzata una simulazione volta a capire il posizionamento delle nuove linee e a studiare i flussi del magazzino automatizzato. In particolare, il simulatore dell'impianto aveva tre finalità: stabilire il potenziale della cella nel soddisfare i flussi, studiare il flusso di spedizione e studiare la movimentazione al primo piano. Tutti i dispositivi dell'impianto sono interconnessi e integrati in un'unica piattaforma sia per la programmazione che per la gestione operativa.

Da molto tempo, Orogel incrocia dati derivanti da fonti diverse, dall'impiantistica, all'elettricità, al raffreddamento, all'acqua e al calore, fino ai dati produttivi. Raccogliere questo insieme di dati, elaborarli, analizzarli e metterli in relazione tra loro consente di individuare i punti in cui è necessario migliorarsi. L'azienda programma la produzione di freddo in base ai ritmi di produzione, caratterizzandoli con il prodotto che viene inviato in linea. In questo modo produce l'energia solo quando serve, minimizzando i consumi, ma soprattutto migliorando la qualità del servizio, perché fornisce le risorse energetiche alla produzione nei tempi e modi

corretti. Orogel ha installato centinaia di sensori in modo da acquisire da questi un elevato numero di informazioni al fine di migliorarsi ed innovarsi sempre di più²⁰⁹.

4.6.9 Ca.Bre Casearia Bresciana e il nuovo impianto di potabilizzazione dell'acqua

Ca.Bre Casearia Bresciana è un'azienda attiva nel settore lattiero-caseario che impiega più di 80 dipendenti e trasforma ogni anno circa 70000 tonnellate di latte. In virtù di moderni impianti di produzione, affinamento, grattugia e confezionamento, Ca.Bre produce ogni anno 70.000 forme di Grana Padano e 30.000 quintali di Provolone. L'azienda si colloca tra i principali caseifici cooperativi in Italia e nella grande distribuzione, affermandosi anche sui principali mercati esteri. Ca.Bre punta da anni sulla qualità e sulla sicurezza alimentare, con lo scopo di garantire al consumatore un prodotto sano e genuino. Al fine di perseguire questo traguardo significativo, l'azienda investe continuamente nell'innovazione dei macchinari e dei processi produttivi e nel supporto ai produttori di latte, in modo da garantire che la materia prima fornita sia sempre di prima qualità.

Nell'industria alimentare, specie nel settore lattiero-caseario, il controllo incessante dei processi produttivi e delle materie prime è indispensabile affinché siano garantiti i più elevati standard di salubrità e qualità del prodotto finito. Una delle

²⁰⁹ V. De Luca, *Benchmark tecnologico per la cella frigorifera automatica fra le maggiori d'Europa*, Siemens, 2021.

componenti fondamentali della produzione alimentare, che spesso viene data per scontata, è l'acqua. Ad esempio, è essenziale che l'acqua destinata alla preparazione degli alimenti non presenti sapori o odori che possano inficiare la qualità o la consistenza del prodotto finale. Nei processi di produzione, invece, l'uso di acqua di qualità è essenziale per rifornire le caldaie, per facilitare la rimozione del calcare e, in generale, per minimizzare la frequenza della manutenzione degli impianti. Il progetto di potabilizzazione di Casearia Bresciana è un chiaro esempio dell'importanza dell'acqua in un'industria alimentare di grandi dimensioni. L'azienda ha deciso di rivolgersi a Culligan, azienda leader nel trattamento delle acque, per la realizzazione di un impianto di potabilizzazione dell'acqua di pozzo di ultima generazione, capace di garantire i massimi livelli di salubrità dell'acqua di pozzo. L'esigenza di potabilizzazione interessa sia l'acqua utilizzata per la produzione del formaggio sia quella destinata ai generatori di vapore e alle torri evaporative essenziali per il raffreddamento dell'impianto. Culligan ha sviluppato una soluzione personalizzata di altezza e dimensioni tali da soddisfare le esigenze di una produzione costante e voluminosa. Il nuovo impianto di potabilizzazione utilizza speciali filtri coibentati, idonei ad essere installati esternamente e a resistere ai climi rigidi della Pianura Padana. Il sistema è costituito da una sezione di ossidazione e disinfezione, seguita da una batteria di filtrazione a tre filtri multistrato con letto catalitico pirolusite, antracite e sabbia di quarzo a granulometrie selezionate. A valle si trova una sezione di filtrazione a carboni attivi

ad alto tempo di contatto, che garantisce un'azione filtrante capillare in grado di assicurare una produzione all'altezza dei più elevati standard di certificazione imposti dal mercato²¹⁰.

4.7 Analogie e differenze delle aziende italiane esaminate

Come si evince dai vari esempi ogni azienda italiana si è affidata alle tecnologie digitali per risolvere diversi problemi legati al loro business mirando sempre ad obiettivi di sostenibilità. Le aziende Rio mare e Parmalat, sono accomunate da uno stesso obiettivo, ovvero: garantire ai consumatori un prodotto sostenibile tramite la tracciabilità digitale. Nonostante ciò, a causa della differenza di prodotto offerto, i metodi utilizzati dalle due aziende sono differenti. Rio Mare ha puntato ad una pesca sostenibile e tracciato l'intera filiera del tonno. Parmalat, invece, si è concentrata sulla creazione di stalle digitali tramite il monitoraggio di diversi fattori al fine di ridurre anche l'incremento dell'impronta di carbonio.

La Canova e Borgoluce hanno adottato due soluzioni diverse entrambe con enormi benefici in ambito ambientale. La Canova con i nuovi sistemi di irrigazione e fertilizzazione a rateo variabile ha ottenuto una riduzione sia del consumo dell'acqua sia di quello energetico. Mentre, l'azienda Borgoluce, con l'ausilio del robot Icaro X4, ha evitato l'uso di pesticidi nella salvaguardia dei vigneti

²¹⁰ Culligan Italiana S.p.A., *Il ruolo chiave dell'acqua nel settore lattiero caseario a garanzia dei massimi livelli di qualità e sicurezza*, 2021.

dall'attacco di funghi e microrganismi contribuendo ad una riduzione dell'80% del cambiamento climatico.

Il Cloud Azure, il magazzino 4.0 e la spettroscopia ad infrarossi adottati rispettivamente da Lavazza, Orogel e Lo Scoiattolo hanno prodotto vantaggi di tipo economico ed ambientale. Il progetto di migrazione al Cloud Azure ha comportato una riduzione dell'impronta di carbonio e ha permesso a Lavazza di ottenere elevati livelli di efficienza operativa. Anche Orogel, grazie all'innovazione tecnologica su cui si basa il suo nuovo magazzino 4.0, ha raggiunto un'elevata efficienza operativa ed è riuscita a ridurre il trasporto su gomma ed a minimizzare il consumo idrico ed energetico legato al suo funzionamento. La tecnologia ad infrarossi per il rilevamento dei microfori nelle confezioni adottata dall'azienda Lo Scoiattolo ha consentito una riduzione dei richiami, dei costi di smaltimento, dei contenziosi e delle quantità delle confezioni destinate a diventare rifiuti garantendo la qualità e la sicurezza dei propri prodotti e la soddisfazione dei consumatori. Questi ultimi tre fattori sono garantiti anche da Casearia Bresciana per mezzo del nuovo impianto di potabilizzazione dell'acqua di pozzo che permette all'azienda di utilizzare acqua di qualità nel processo di produzione dei propri prodotti e nel processo di raffreddamento degli impianti.

Grom, invece si è posta come obiettivo l'incremento della sicurezza del lavoratore sul luogo di lavoro. Infatti, l'azienda mette a disposizione per ogni lavoratore un

dispositivo intelligente denominato WeTag, tramite il quale il lavoratore che lo indossa, può lanciare un segnale d'allarme in caso di pericolo ed essere soccorso immediatamente.

Di seguito nella tabella 4.3 sono riportati in maniera schematica gli obiettivi delle aziende analizzate e i benefici che hanno ottenuto attraverso l'utilizzo di specifiche tecnologie. Come si può vedere, il ventaglio delle tecnologie è piuttosto ampio e risponde a differenti obiettivi che le imprese si sono prefisse, a testimonianza che l'idea di sostenibilità digitale è multidimensionale: sicurezza ed efficienza appaiono però gli obiettivi dominanti.

Tabella 4.3- Obiettivi, tecnologie digitali e benefici delle aziende esaminate.

AZIENDA	OBIETTIVO	TECNOLOGIA UTILIZZATA	BENEFICI
Rio Mare	Tracciabilità digitale	Piattaforma IBM Cloud	<ul style="list-style-type: none"> • Sicurezza alimentare • Consumo responsabile • Pesca Sostenibile
Parmalat	Tracciabilità digitale	Stalle digitali	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoraggio del piano alimentare • Gestione delle deiezioni
Lavazza	Trasferimento di tutti i data center e dei carichi di lavoro aziendali in un unico ambiente cloud	Cloud Azure	<ul style="list-style-type: none"> • Efficienza operativa • Riduzione dei consumi energetici
Lo Scaiattolo	Rilevamento dei microfori nelle confezioni	Spettroscopia ad infrarossi	<ul style="list-style-type: none"> • Sicurezza del prodotto • Riduzione dei costi di smaltimento • Soddisfazione dei consumatori • Riduzione dei contenziosi
Groom	Sicurezza dei lavoratori	We-Tag	<ul style="list-style-type: none"> • Maggiore sicurezza sul lavoro

La Canova	Irrigazione e fertilizzazione più efficiente	Sistemi di irrigazione e fertilizzazione a rateo variabile	<ul style="list-style-type: none"> • Risparmio idrico • Risparmio energetico
Borgoluce	Salvaguardia dei vigneti dall'attacco di funghi e microrganismi	Icaro X4	<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione dell'utilizzo di pesticidi • Riduzione della formazione di ozono fotochimico • Riduzione dell'eutrofizzazione dell'acqua • Riduzione dell'eco tossicità dell'acqua dolce e delle risorse
Orogl	Creazione di un magazzino 4.0	Automazione	<ul style="list-style-type: none"> • Efficienza operativa • Riduzione del trasporto su gomma • Minimizzazione dei consumi elettrici e idrici
Ca.Bre	Sicurezza alimentare	Nuovo impianto di potabilizzazione dell'acqua	<ul style="list-style-type: none"> • Salubrità dell'acqua per la produzione del formaggio • Salubrità dell'acqua per il raffreddamento degli impianti

CONCLUSIONI

Il presente studio ha cercato di portare alla luce il ruolo chiave del digitale nel raggiungimento della sostenibilità nelle sue tre dimensioni: economica, sociale e ambientale. Prima di addentrarsi nel tema è stato necessario, per comprendere quanto trattato nell'elaborato, definire il concetto di sostenibilità e di sviluppo sostenibile: il primo, riguarda il legame tra lo sviluppo economico, il benessere sociale e la salvaguardia dell'ambiente; il secondo ha come obiettivo il bilanciamento tra le tre componenti. Per una definizione più completa non possiamo evitare di menzionare l'Agenda 2030 delle Nazioni Unite, che stabilisce 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile da raggiungere entro il 2030, sottolineando la responsabilità dei Paesi nel raggiungimento di tali obiettivi. Viene evidenziata inoltre, l'importanza per le aziende di adottare tecnologie digitali innovative al fine di raggiungere la sostenibilità. Queste tecnologie, se utilizzate correttamente, possono ridurre l'impatto ambientale, migliorare l'immagine aziendale e la reputazione, instaurare rapporti di fiducia con i clienti, ridurre i costi operativi, aumentare la sicurezza, migliorare l'accesso alle informazioni e aumentare la produttività. Tuttavia, è fondamentale creare consapevolezza sull'uso corretto delle tecnologie digitali al fine di evitare rischi e sfruttare tutti i possibili vantaggi derivanti da esse. Nella definizione della sostenibilità inoltre non possiamo fare a meno di menzionare il Digital Sustainability Index (DiSI), sviluppato nel 2022.

L'indice mira a valutare il livello di consapevolezza nell'utilizzo del digitale come strumento di sostenibilità.

Tra le tecnologie digitali citate, vi sono l'intelligenza artificiale, il machine learning, l'internet of things, la blockchain e i big data. L'IA e il ML vedono maggiore applicazione a livello ambientale nell'economia circolare e nella decarbonizzazione. Nella dimensione sociale possono garantire un'equa distribuzione delle risorse e promuovere il benessere. In ambito economico permettono alle aziende di ottenere un risparmio di costi, miglioramenti delle prestazioni IT o di rete ed un'esperienza migliore per i clienti. Per quanto riguarda l'IoT, si sottolineano i benefici in termini di sostenibilità in vari settori di applicazione, come la sanità, la logistica, l'automotive, l'agricoltura e le applicazioni sociali. La blockchain viene applicata maggiormente nelle catene di fornitura aziendali. Infine, si fa riferimento all'importanza dei big data nell'attuazione della manutenzione predittiva, nel monitoraggio della produzione, nella riduzione delle emissioni di CO₂, del consumo di energia e risorse e nella creazione di nuovi posti di lavoro. L'utilizzo di queste tecnologie comporta anche ostacoli e sfide: il consumo energetico, i costi elevati, la complessità dei dati, la privacy e la sicurezza. Un esempio dell'importanza dell'applicazione del digitale nelle aziende lo abbiamo nel settore agroalimentare. Negli ultimi anni, il settore è cresciuto a dismisura in quanto le aziende decidono sempre di più di inglobare il digitale nel proprio

business. Una panoramica generale sullo sviluppo del settore agroalimentare è stata necessaria per concretizzare quanto esposto. Dallo studio effettuato si evince come le aziende italiane abbiano dovuto adattarsi in svariati contesti e settori apportando benefici in termini di sostenibilità. Infine, per ogni azienda presentata nell'elaborato vengono studiate le sfide che hanno dovuto fronteggiare e come le tecnologie digitali hanno dato loro una soluzione efficiente e sostenibile per superarle.

Dal mio punto di vista, in una realtà come quella odierna in cui le tecnologie stanno inevitabilmente cambiando il modo in cui viviamo e lavoriamo, il loro utilizzo è un'ottima opportunità per le imprese nell'avere un ruolo nel raggiungimento della sostenibilità. Il digitale offre numerose soluzioni innovative che possono contribuire alla riduzione dell'impatto ambientale delle attività aziendali.

Le tecnologie, ritengo possano essere viste come un'arma a doppio taglio: se da un lato offrono nuove opportunità dall'altro offrono anche nuove sfide. È importante essere sempre consapevoli dei rischi e dei benefici derivanti dal loro utilizzo, valutando sempre come esse possano essere utilizzate per migliorare la vita quotidiana e l'efficienza aziendale, in modo da costituire sempre un punto di partenza e non d'arrivo verso la sostenibilità aziendale.

BIBLIOGRAFIA

Abdelkafi N., Täuscher K., Business models for sustainability from a system dynamics perspective, *Organization & Environment*, 2016, pag.75, Vol. 29 No. 1.

Agostinelli A., *Intelligenza Artificiale cos'è e a cosa serve*, Mondadori Electa, 2020.

Al-Saqaf W., N. Seidler, Blockchain technology for social impact: opportunities and challenges ahead, *Journal of Cyber Policy*, 2017, Vol. 2 No. 3.

Annosi M. C., Brunetta F., Capo F., Heideveld L., Digitalization in the agri-food industry: the relationship between technology and sustainable development, *Management Decision*, 2020, Vol. 58 No. 8.

Ashley M. J., Johnson M. S., Establishing a Secure, Transparent, and Autonomous Blockchain of Custody for Renewable Energy Credits and Carbon Credits, *IEEE Engineering Management Review*, 2018, Vol. 46 No. 4.

ASSOCAMERESTERO, *Digital Sustainability Atlas*, 2022.

Astill J., Dara R.A., Campbell M., Farber J. M., Fraser E. D. G., Sharif S., Yada R. Y., Transparency in food supply chains: A review of enabling technology solutions, *Trends in Food Science & Technology*, 2019, Vol. 91.

Bahn R. A., Kareem Yehya A. Al, Zurayk R., Digitalization for Sustainable Agri-Food Systems: Potential, Status, and Risks for the MENA Region, Sustainability, 2021, pp. 156-162, Vol. 13 No. 6.

Balocchi. A., AI per l'agrivoltaico, conciliando fotovoltaico e produzione agricola, Tech4Future, 2023.

Bartolini, R., Mais, 20% di risparmio idrico col rateo variabile, Il Nuovo Agricoltore, Kverneland Group Italia, 2023.

Bellini, M., Raviolificio Scoiattolo innova il controllo qualità "pasta fresca" con spettroscopia IR, Agrifood.tech, 2023

Bertaglio A., Agritech, il 2% le start up innovative nell'agroalimentare in Italia, tech economy 2030, S. Epifani, 2023.

Bacchetti A., Corbo C., Maffezzoli F., Pavesi M., Agricoltura 4.0, come evolve lo scenario in Italia: il ruolo della blockchain, Agenda Digitale, A. Longo, 2022.

Bocken N. M. P., Short S. W., Rana P., Evans S., A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes, Journal of World Business, 2013, pag. 42, Vol. 65.

Boons F., Lüdeke-Freund F., Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda, *Journal of World Business*, 2013, pag. 13, Vol. 45.

Burritt R. L., Christ K. L., Rammal H. G., Schaltegger S., Multinational enterprise strategies for addressing sustainability: the need for consolidation, *Journal of Business Ethics*, 2018, Vol. 164 No. 2.

Carpinelli G., L'Impronta Carbonica dei Big Data tra data center e l'aumento delle informazioni, *tech economy 2030*, S. Epifani, 2021.

Casini S., Le aziende possono tagliare la CO2 con il Digital twin, il gemello digitale, *tech economy 2030*, S. Epifani, 2023.

Chan Kim W., Mauborgne R., *Blue Ocean Strategy. How to create Uncontested market space and make the competition irrelevant*, Boston, Harvard Business School Press, 2015.

Clapp J., Ruder S.L., Precision Technologies for Agriculture: Digital Farming, Gene-Edited Crops, and the Politics of Sustainability, *Global Environmental Politics*, 2020, Vol. 20 No. 3.

Condemi J., Data Analytics: cos'è e come viene usata per la sostenibilità ambientale, *Bigdata4Innovation*, A. Longo, 2021.

Confagricoltura Brescia - Unione Provinciale Agricoltori, Due aziende agricole bresciane sugli scudi: la Canova di Gambara e Al Rocol di Ome, dei soci Cena e Vimercati, le migliori in Italia per innovazione e sostenibilità, Comunicato Stampa, 24 marzo 2022.

Contributor, The Pros and Cons of Artificial Intelligence, Forbes, 2022.

Costa, C., Gelaterie e innovazione: safety con IoT e Wearable per Grom, Agrifood.tech, M. Bellini, 2021.

Costa C., Industria 4.0 e caro energia: l'IoT di Zerynth riduce il consumo oltre il 40%, ottimizzando la produzione, Internet4Things, M.T Della Mura, 2022.

Costa C., IoT a terra per migliorare la gestione del suolo in agricoltura, Internet4Things, M. T. Della Mura, 2023.

Costa C., La carta d'identità del tonno Rio Mare grazie al Cloud e a IBM Services, Agrifood.tech, M. Bellini, 2020.

Culligan Italiana S.p.A., Il ruolo chiave dell'acqua nel settore lattiero caseario a garanzia dei massimi livelli di qualità e sicurezza, 2021.

De Luca, V., Benchmark tecnologico per la cella frigorifera automatica fra le maggiori d'Europa, Siemens, 2021.

Denicolai S., Colmare le mancanze: il futuro passa dalla Sostenibilità Digitale: intervista a Stefano Denicolai, L. M. Papale, tech economy 2030, S. Epifani, 2023.

Dyllick T., Hockerts K., Beyond the business case for corporate sustainability, Routledge, Fontainebleau, 2002, pp. 131-132.

El Bilali H., Allahyari M. S., Transition towards sustainability in agriculture and food systems: Role of information and communication technologies, Information Processing in Agriculture, 2018, Vol. 5 No. 4.

Enciclopedia Treccani, intelligenza artificiale.

Encyclopaedia Britannica, What is artificial intelligence?

Epifani S., Fondazione per la sostenibilità digitale, 2021.

Epifani S., Sostenibilità digitale: Perché la sostenibilità non può prescindere dalla trasformazione digitale, Roma, Digital Transformation Institute, 2020.

Fabregas R., Kremer M., Schilbach F., Realizing the potential of digital development: The case of agricultural advice, Science, 2019, Vol. 366 No. 6471.

Faggioli G., Big data e privacy: la protezione dei dati personali è possibile?, osservatori.net digital innovation, Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Gestionale, 2018.

Faria I., Trust, reputation and ambiguous freedoms: Financial institutions and subversive libertarians navigating blockchain, markets, and regulation, *Journal of Cultural Economy*, 2019, Vol. 12 No. 2.

Ferreboeuf H., *Lean ICT- Towards Digital Sobriety*, 2019, pag. 4.

Fondazione per la Sostenibilità Digitale, Nasce il Digital Sustainability Index (DiSI) il primo indice italiano di misurazione della sostenibilità digitale, 22 aprile 2022.

Fondazione Symbola, Unioncamere, CONAI, Novamont, Ecopneus, *Agroalimentare Made in Italy e Green Economy – Rapporto GreenItaly*, 2021.

Fortis M., Sartori A., Corradini S., Carminati M., *Il settore agroalimentare italiano*, Fondazione Edison – Fondazione Argentina Altobelli, 2022, pp. 18-53.

Friedman N., Ormiston J., *Blockchain as a sustainability-oriented innovation?: Opportunities for and resistance to Blockchain technology as a driver of sustainability in global food supply chains*, *Technological Forecasting and Social Change*, 2022, Vol. 175 No. 2.

Garbach K., Milder J. C., DeClerck F. A. J., De Wit M. M., Driscoll L., Gemmill-Herren B., *Examining multi-functionality for crop yield and ecosystem services in five systems of agroecological intensification*, 2016 Vol. 15 No. 1.

Garetti M., Taisch M., Sustainable manufacturing: trends and research challenges, *Production Planning & Control*, 2012, pag. 88, Vol. 23 No. 2.

Geissdoerfer M., Vladimirova D., Evans S., Sustainable business model innovation: a review, *Journal of World Business*, 2018, pag. 402, Vol. 198.

Geissdoerfer M., Bocken N.M.P., Hultink E. J., Design thinking to enhance the sustainable business modelling process – A workshop based on a value mapping process, *Journal of World Business*, 2016, pag. 1219, Vol. 135 No. 1.

George G., Haas M., Pentland A., Big data and management, *The Academy of Management Journal*, 2014, pag.321, Vol. 57 No. 2.

George G., Merrill R. K., Schillebeeckx S. J. D., Digital sustainability and entrepreneurship: how digital innovations are helping tackle climate change and sustainable development, *Entrepreneurship Theory and Practice*, 2021, pag.1000, Vol. 45 No. 5.

GeSI, SMARTer2030 ICT solutions for 21st century challenges, 2015, pag. 9.

Greco G., L'Intelligenza artificiale tra opportunità e criticità per lo sviluppo sostenibile: intervista a Gianluigi Greco (Presidente AIXIA), L. M. Papale, *tech economy 2030*, S. Epifani, 2022.

Hasan H., Al Hadhrami E., Al Dhaheri A., Salah K., Jayaraman R., Smart contract-based approach for efficient shipment management, *Computers & Industrial Engineering*, 2019, Vol. 136.

Herrero M., Articulating the effect of food systems innovation on the Sustainable Development Goals, *The Lancet Planetary Health*, 2021, Vol. 5 No. 1.

Hidiroğlu, D., *Digital Sustainability in Businesses*, Conflict Management in Digital Business, Emerald Publishing Limited, 2022, pag. 241-251

IBM Global AI Adoption Index 2022, maggio 2022.

Kamble S. S., Gunasekaran A., Sharma R., Modeling the blockchain enabled traceability in agriculture supply chain, *International Journal of Information Management*, 2019, Vol. 52, No. 9.

Keyser A. D., Köcher S., Alkire L., Verbeeck C., Kandampully J., Frontline Service Technology infusion: Conceptual archetypes and future research directions, *Journal of Service Management*, 2019, Vol. 30 No. 1.

Kim J., Shah P., Gaskell J. C., Prasann A., *Scaling Up Disruptive Agricultural Technologies in Africa*, World Bank Documents, 2020.

Klerkx L., Jakku E., Labarthe P., A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda, *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 2019, pag. 2, Vol. 90-91 No. 100315.

Ko T., Lee J., Ryu D., Blockchain Technology and Manufacturing Industry: Real-Time Transparency and Cost Savings, *Sustainability*, 2018, Vol. 10 No. 11.

Kollia I., Stevenson J., Kollias S., AI-Enabled Efficient and Safe Food Supply Chain, *electronics*, 2021.

Kouhizadeh M., Sarkis J., Zhu Q., At the Nexus of Blockchain Technology, the Circular Economy, and Product Deletion, *Applied Sciences*, 2019, Vol. 9, No. 8.

Kumar I., Rawat J., Mohd N., Husain S., Opportunities of Artificial Intelligence and Machine Learning in the Food Industry, *Journal of Food Quality*, 2021, Vol. 2021 No. speciale.

Kutter T., Tiemann S., Siebert R., Fountas A., The role of communication and co-operation in the adoption of precision farming, *Precision Agriculture*, 2011, Vol. 12 No. 1.

Liakos K. G., Busato P., Moshou D., Pearson S., Bochtis D., Machine Learning in Agriculture: A Review, *sensors*, 2018, Vol. 18 No. 8.

Linnenluecke M. K., Griffiths A., Corporate Sustainability and organizational culture, *Journal of World Business*, 2010, Vol 45 No. 4.

Livelli F. M. R., Come la blockchain può garantire maggiore sostenibilità nel settore agroalimentare, *Agrifood.tech*, M. Bellini, 2020.

Lombardo G., *Economia e gestione delle imprese sostenibili*, McGraw Hill, Milano, 2013.

Lüdeke-Freund F., Towards a conceptual framework of 'business models for sustainability', *ERSCP-EMSU Conference*, 2010, pag. 17.

Lynn T., Mooney J. G., Lee B., Takako Endo P., *The Cloud-to-Thing Continuum: opportunities and Challenges in Cloud, Fog and Edge Computing*, palgrave macmillan, Svizzera, 2020, pag. 2.

Meyer T., Kuhn M., Hartmann E., Blockchain technology enabling the Physical Internet: A synergetic application framework, *Computers & Industrial Engineering*, 2019, Vol. 136.

Microsoft, Agile, competitiva e sostenibile: Microsoft e Techedge portano in cloud i processi di business di Lavazza, 23 febbraio 2022.

Mills T., Machine Learning Vs. Artificial Intelligence: How are they different?, *Forbes*, 2018.

Modic D., Hafner A., Damij N., Zajc L.C., Innovations in intellectual property rights management, *European Journal of Management and Business Economics*, 2019, Vol. 28 No. 2.

Moioli F., L'intelligenza artificiale nel piatto: tutti i vantaggi per l'agri-food e contro gli sprechi, *Agenda Digitale*, A. Longo, 2022.

Mondejar M. E., Avtar R., Diaz H. L. B., Dubey R. K., Esteban J., Gómez-Morales A., Hallam B., Mbungu N. T., Okolo C. C., Prasad K. A., She Q., Garcia-Segura S., Digitalization to achieve sustainable development goals: Steps towards a Smart Green Planet, *Science of The Total Environment*, 2021, pag. 3, Vol. 794 No. 148539.

Montanino A., Camerano S., Carriero A., Ciferri D., Padoan E., Recagno L., Valdes C., La sfida della sostenibilità per la filiera agroalimentare italiana, *CDP THINK TANK Brief*, pp. 6-7.

Montegiove S., Dalla raccolta differenziata alle tecnologie digitali per il riciclo dei rifiuti, *tech economy 2030, Digital transformation for sustainability*, 2020.

Morning Consult, *Fish Traceability*, 2020.

Munford M., Rule changes and big data revolutionise Caterham F1 chances, *The Telegraph*, 2014.

Najafabadi M. M., Villanustre F., Khoshgoftaar T. M., Seliya N., Wald R., Muharmagia E., Applicazioni di deep learning e sfide nell'analisi dei big data, Journal of Big Data, 2015, Vol. 2 No. 1.

Nilsson N. J., Artificial Intelligence: jeffea new synthesis, Edizione italiana a cura di Salvatore Gaglio, Apogeo, Milano, 2002.

ONU, Agenda 2030.

ONU, Assemblea generale, 2015.

Osburg T., Lohrmann C., Sustainability in a Digital World: New Opportunities Through New Technologies, Springer, Germania2020, pag. 169.

Osterwalder A., Pigneur Y., Business model generation, 2010, Wiley & Sons, Hoboken, pag. 14.

Papale L. M., Il Decalogo della Sostenibilità Digitale: costruire consapevolezza sul duplice ruolo del digitale, tech economy 2030, S.Epifani, 2022.

Pedrini M., Zaccone M.C., Le aziende diventano sostenibili. L'integrazione di aspetti sociali e ambientali nella gestione delle aziende, Pearson, Milano, 2019.

Peluso M., xFarm e Parmalat insieme per contribuire a rendere la filiera del latte sostenibile attraverso la transizione digitale delle stalle, xFarm, 2022

Perez de Toledo E., Bocatto E., The Impact of Environmental, Social and Governance (ESG) Standards on the Value of Cash Holdings: Evidence from Canadian Firms, SSRN Electronic Journal Canadian Academic Accounting Association (CAAA) Annual Conference, 2015.

Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Gestionale, Agroalimentare italiano: è boom del mercato dell'Agricoltura 4.0, 2022.

Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Gestionale, BIG DATA cosa sono e perché è importante investirci.

Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Gestionale, Osservatorio Smart AgriFood": L'agricoltura 4.0 italiana sfonda muro dei 2 miliardi di euro nel 2022, +31%, 2023.

Porter M. E., Competitive advantage: creating and sustaining superior performance, Free Press, New York, 1985, pag. 3.

Provost F., Fawcett T., Data science and its relationship to big data and data-driven decision making, Mary Ann Liebert Inc., 2013, pag. 52BD.

Rapisarda C., Per uno sviluppo durevole e sostenibile, Network Sviluppo Sostenibile, 2015, pag. 5.

Rejeb A., Rejeb K., Blockchain and supply chain sustainability, LogForum, 2020, pag. 366-369, Vol. 16 No. 3.

Rejeb A., Rejeb K., Zailani S., Keogh J. G., Appolloni A., Examining the interplay between artificial intelligence and the agri-food industry, Artificial Intelligence in Agriculture, 2022, Vol. 6.

Revich J., Koort R., Archambault P., Samuelson P. A., Precision farming: Cheating Malthus with digital agriculture, Goldman Sachs Investment, New York, 2016.

Rodeck D., Curry B., What is blockchain?, Forbes, 2022.

Roome N., Louche C., Journeying Toward Business Models for Sustainability: A conceptual model found inside the black box of organisational transformation, Organization & Environment, 2016 pag. 12, Vol. 29 No. 1.

Rossi F., Marketing e comunicazione della sostenibilità. Un nuovo vantaggio competitivo tra etica e nuovi modelli di business, Edizioni Ca' Foscari, Venezia, 2017, pag. 84.

Ruggieri F., Data center e reti: quando i Big Data diventano sostenibili, tech economy 2030, S. Epifani, 2020.

Ruffini C., Rio Mare, al via una nuova piattaforma sviluppata da IBM per la tracciabilità del prodotto e il consumo responsabile, IBM, 2020

Saberi S., Kouhizadeh M., Sarkis J., Shen L., Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management, *International Journal of Production Research*, 2019, Vol. 57 No. 3.

Salvadori G., Smart Car: i veicoli connessi e autonomi alla guida del futuro, *osservatori.net digital innovation*, Politecnico di Milano, 2023.

Sandonnini P., RoBee, il cobot umanoide che pensa e agisce come un umano, *Internet4Things*, M.T Della Mura, 2021.

Sarker M. N. I., Islam M. S., Murmu H., Rozario E., Role of big data on digital farming, *International Journal of Scientific and Technology Research*, 2020, Vol. 9 No. 4.

Schaltegger S., Lüdeke-Freund F., Hansen E. G., Business cases for sustainability: the role of business model innovation for corporate sustainability, *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 2012, pag. 112, Vol.6, No. 2.

Schneider Electric, Lidl Finland mira a nuovi standard di efficienza con le microreti e le soluzioni edilizie di Schneider Electric, 2018.

Shalev-Shwartz S., Ben-David S., *Understanding Machine Learning*, Cambridge University Press, 2014, pag. 19.

Sparviero S., Ragnedda M., Towards digital sustainability: the long journey to the sustainable development goals 2030, Digital Policy, Regulation and Governance, 2021, pag.217, Vol. 23 No. 3.

Sparviero S., Ragnedda M., Towards digital sustainability: the long journey to the sustainable development goals 2030, Digital Policy, Regulation and Governance, 2021, pag. 224, Vol. 23 No. 3.

Stubbs W., Cocklin C., Conceptualizing a “Sustainability Business Model”, Organization & Environmental, 2008, pag. 103, Vol. 21 No. 103.

Stuto S., AI: Agroalimentare Intelligente, tech economy 2030, S.Epifani, 2022.

Tijan E., Aksentijević S., Ivanić K., Jardas M., Blockchain Technology Implementation in Logistics, Sustainability, 2019, Vol. 11 No. 4.

Tomasini S., Piccoli ma costanti interventi di sensibilizzazione per la Sostenibilità Digitale. intervista a Stefano Tomasini, L. M. Papale, tech economy 2030, S. Epifani, 10 marzo 2023.

Trendov N. M., Varas S., Zeng M., Digital technologies in agriculture and rural areas, FAO, Rome, 2019.

UNESCO, A Global Framework of Reference on Digital Literacy Skills for Indicator 4.4.2, 2018.

United Nations, Our Common Future, 1987.

Upward A., Jones P., An ontology for strongly sustainable business models: defining an enterprise framework compatible with natural and social science, *Organization & Environment*, 2015, pag. 98, Vol. 29 No. 1.

Van Der Burg S., Bogaardt M.-J., Wolfert S., Ethics of smart farming: Current questions and directions for responsible innovation towards the future, *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 2019, Vol. 90-91.

Vercellis C., A cosa servono i Big Data: vantaggi e opportunità per le aziende, *osservatori.net digital innovation*, Politecnico di Milano – Dipartimento di Ingegneria Gestionale, 2019.

Veuger J., Trust in a viable real estate economy with disruption and blockchain, *Facilities*, 2018, Vol. 36 No. 1.

Wang Y., Hung H. J., Paul B.-D., Understanding Blockchain technology for future supply chains a systematic literature Review and Research Agenda, *Supply Chain Management: An International Journal*, 2018, Vol. 24 No. 103.

Warrant Innovation Lab, Analisi LCA di screening per un sistema di trattamento robotico alternativo ai prodotti antifungini in viticoltura, 2021.

Whitmore A., Agarwal A., Da Xu L., The Internet of Things-A survey of topics and trends, *Information System Frontiers*, 2014, pp. 261-266, Vol. 17 No. 2.

Wong L. W., Leong L. Y., Hew J. J., Tan G. W. H., Ooi K. B., Time to seize the digital evolution: Adoption of blockchain in operations and supply chain management among Malaysian SMEs, *International Journal of Information Management*, 2019, Vol. 52 No. 9.

World Bank Group, *Future of food: Harnessing digital technologies to improve food system outcomes*, 2019.

World Economic Forum, *Innovation with a Purpose: Improving Traceability in Food Value Chains through Technology Innovations*, Geneva, Switzerland, 2019.

Zott C., Amit R., *Business model innovation: how to create value in a digital world*, *GfK Marketing Intelligence Review*, 2012, Vol. 9 No. 1.