

POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale**

**Ingegneria della Produzione Industriale e dell'Innovazione Tecnologica**

Tesi di Laurea Magistrale

**Il valore dell'Industria 4.0 e del Digital Twin nelle PMI  
manifatturiere italiane**



**Relatore**

Prof. Guido Perboli

**Candidato**

Giulia Mattia Accardo

S245180

**Co-Relatrice**

Prof.ssa Mariangela Rosano

**6 dicembre 2019**



# Indice

<b>Introduzione</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Industria 4.0</b> .....	<b>7</b>
<b>1.1 Storia dell'evoluzione industriale</b> .....	<b>7</b>
<b>1.2 Storia dell'Industria 4.0</b> .....	<b>9</b>
<b>1.3 Piano nazionale per l'incentivazione dell'Industria 4.0</b> .....	<b>10</b>
<b>1.4 Piano nazionale per l'incentivazione dell'Industria 4.0: Risultati</b> .....	<b>13</b>
<b>1.5 Smart Factory e Tecnologie Abilitanti</b> .....	<b>18</b>
1.5.1 Smart Factory .....	19
1.5.2 Tecnologie Abilitanti .....	20
<b>1.6 Caratteristiche dell'Industria 4.0</b> .....	<b>38</b>
1.6.1 Integrazione verticale.....	38
1.6.2 Integrazione Orizzontale .....	40
1.6.3 Ingegnerizzazione End-to-end .....	41
1.6.4 Integrazione Tecnologica .....	42
<b>2. Digital Twin</b> .....	<b>43</b>
<b>2.1 Introduzione al concetto di Digital Twin</b> .....	<b>43</b>
<b>2.2 Evoluzione del Digital Twin</b> .....	<b>45</b>
<b>2.3 Analisi della letteratura sul Digital Twin</b> .....	<b>48</b>
2.3.1 Stadio di Sviluppo .....	49
2.3.2 Aree applicative.....	52
2.3.3 Tecnologie chiave .....	54
2.3.4 Stakeholders .....	55
<b>2.4 Analisi della letteratura sul Digital Twin: Risultati</b> .....	<b>56</b>
2.4.1 Stadi di Sviluppo.....	58
2.4.2 Aree Applicative.....	59
2.4.3 Tecnologie chiave .....	61
2.4.4 Stakeholders .....	62
<b>2.2 Casi di Applicazione</b> .....	<b>64</b>
2.2.1 Manutenzione Intelligente .....	71
2.2.2 Manutenzione con Tecnologie Semantiche.....	72
2.2.3 Sistema di tracciabilità delle risorse in magazzino .....	74
2.2.4 Smartificazione del processo di approvvigionamento .....	75
2.2.5 Ottimizzazione del processo produttivo attraverso la simulazione .....	76
2.2.6 Smart contract nella logistica esterna .....	77
2.2.7 Interconnessione dei macchinari con il MES aziendale .....	78
2.2.8 Taratura automatica dei contatori del gas .....	80
2.2.9 Sistema di etichettatura per verificare l'autenticità dei prodotti .....	82
2.2.10 Monitoraggio del processo produttivo di un'azienda vinicola.....	83
2.2.11 Sistema di tracciabilità per assicurare la sicurezza sul posto di lavoro .....	84
2.2.12 Gestione di merci deperibili .....	85
2.2.13 Monitoraggio di un allevamento di pesci.....	86
2.2.14 Interconnessione dei robot con MES aziendale .....	87
2.2.15 Piattaforma web a supporto delle attività post-vendita .....	88
2.2.16 Monitorare il volume di traffico in una stazione di servizio .....	89
2.2.17 Monitoraggio del processo produttivo di un'azienda che realizza imballaggi .....	90
2.2.18 Stampa 3D per ottimizzare le fasi di sviluppo e progettazione.....	91
2.2.19 Sistema di tracciabilità nel settore del fast fashion .....	92
2.2.20 Una vetrina 4.0.....	92
2.2.21 Monitoraggio parametri ambientali per la conservazione di opere storiche ..	94

2.2.22 IoT migliora la customer experience nei centri commerciali .....	95
<b>2.3 Conclusioni.....</b>	<b>97</b>
<b>3. Industria 4.0 e Digital Twin: analisi di applicabilità alle PMI.....</b>	<b>98</b>
<b>3.1 Indagine.....</b>	<b>98</b>
<b>3.2 Questionario: Struttura .....</b>	<b>98</b>
3.2.1 Identificazione dell'azienda rispondente .....	99
3.2.2 Livello di conoscenza dei concetti afferenti al paradigma Industry 4.0.....	100
3.2.3 Livello effettivo di implementazione dei concetti di Industry 4.0 .....	101
3.2.4 Livello di conoscenza del paradigma Digital Twin per l'Industry 4.0 .....	103
3.2.5 Suggerimenti e spunti al fine di migliorare le indagini future .....	104
3.2.6 Recapiti dell'Azienda rispondente .....	104
<b>3.3 Questionario: Tipologia di Domande.....</b>	<b>104</b>
<b>3.4 Questionario: Selezione del Campione .....</b>	<b>105</b>
<b>3.5. Questionario: Risultati .....</b>	<b>106</b>
3.5.1 Identificazione dell'azienda rispondente .....	106
3.5.2 Livello di conoscenza dei concetti afferenti al paradigma Industry 4.0.....	112
3.5.3 Livello effettivo di implementazione dei concetti di Industry 4.0 .....	116
3.5.4 Livello di conoscenza del paradigma Digital Twin per l'Industry 4.0 .....	120
3.5.5 Settore Metalmeccanico.....	122
3.5.6 Early Adopters.....	131
3.5.7 Aziende sfavorevoli al Digital Twin .....	135
3.5.8 Analisi PMI innovative .....	137
<b>3.6 Conclusioni.....</b>	<b>139</b>
<b>4.Sitografia .....</b>	<b>146</b>
<b>5. Allegati .....</b>	<b>159</b>

# Introduzione

La convergenza tra strategia e innovazione tecnologica nel panorama attuale ha abilitato un effetto moltiplicatore su tutte le realtà aziendali rappresentando oggi l'unico modo per poter diventare o continuare ad essere un business ad elevate performance. Attuare questa convergenza vuol dire cambiare radicalmente i paradigmi di gestione, di competizione e pianificazione aziendale, avviando, di fatto, una trasformazione che può essere definita "dirompente".

Protagonista indiscussa di tale trasformazione è la Quarta Rivoluzione Industriale, Industry 4.0, abilitata da tecnologie digitali ed emergenti condizioni di mercato, che irrompono nel sistema economico globale con estrema pervasività e velocità.

Nella manifattura, l'Industry 4.0 delinea il nuovo orizzonte di una produzione più intelligente, caratterizzata dall'interazione progressiva tra strumenti e macchinari, dall'integrazione di sistemi fisici con nuovi sistemi digitali e dalla capacità di elaborare informazioni in tempo reale, consentendo il miglioramento dell'esecuzione dei processi operativi.

Si parla, non a caso, di Smart Factory, strutture produttive completamente automatizzate e interconnesse, non più statiche ed immutabili, dove tecnologie quali Cyber-physical systems, Internet of Things e Artificial Intelligence sono in grado di abilitare la cooperazione tra unità robotiche e persone, ambienti tangibili e modelli virtuali e tutte le risorse della catena del valore.

La mole crescente di informazioni che si genera all'interno delle Smart Factory, stravolge anche le preziose attività di ricerca e sviluppo tradizionali, che vengono arricchite dall'utilizzo dei Big Data, in un'ottica di efficienza in termini di tempo, aumento della qualità del prodotto, e di conseguenza della soddisfazione del cliente.

Ed è proprio in questo scenario che si introduce un nuovo concetto, alla base di una trasformazione delle strutture produttive, che concretizza i risultati delle nuove tecnologie: il Digital Twin. Rappresenta una vera e propria rivoluzione nel contesto aziendale, che prevede un processo di digitalizzazione di tipo top down, in quanto adesso il prodotto nasce dapprima virtualmente, ed in secondo luogo viene materializzato.

In altre parole, l'utilizzo di tecnologie digitali ha permesso una pianificazione virtuale strategica di prodotti e processi, e le ingenti quantità di dati che ne derivano vengono elaborate, analizzate e valutate con strumenti di simulazione, con l'obiettivo di poterli rendere ugualmente disponibili in tempo reale per poter prendere decisioni efficienti.

In questo studio verrà dapprima fornita un'introduzione all'industria 4.0 e in particolare viene data una descrizione approfondita del concetto di Smart Factory e delle tecnologie 4.0. Si procederà analizzando il paradigma Digital Twin e successivamente, verrà proposta una revisione della letteratura scientifica esistente al riguardo. In seguito, verranno illustrati dei casi di applicazione delle tecnologie afferenti all'Industria 4.0 in diversi ambiti di business. Infine, viene condotta un'indagine volta a definire il grado di diffusione e di implementazione dell'Industria 4.0 e del Digital Twin nelle PMI manifatturiere italiane.

# 1. Industria 4.0

## 1.1 Storia dell'evoluzione industriale

La rapida evoluzione delle tecnologie digitali sta profondamente trasformando il sistema industriale ed il modus operandi delle grandi e piccole strutture aziendali, con un impatto dirompente in tutti i principali settori dell'economia, su scala globale.

Tale rivoluzione prende il nome di Industry 4.0 o "Quarta rivoluzione industriale", il nuovo orizzonte di una produzione più smart, ovvero più intelligente, efficace e rapida, che mette ormai in discussione business model ed approcci strategici delle realtà aziendali. I sistemi digitali e fisici sono ormai sempre più interconnessi grazie ai progressi apportati nel campo della Robotica, dell'Internet of Things e dell'Artificial Intelligence.

La terminologia utilizzata per descrivere la nuova era di cambiamento nel sistema produttivo, Industria 4.0, indica le tappe di un'evoluzione rapida avvenuta nel tempo e che approda nello sviluppo di una digital transformation sempre più spesso sinonimo di disruptive.

Fino ad ora sono state individuate quattro fasi che hanno segnato la rivoluzione dell'industria manifatturiera nel tempo, ognuna delle quali caratterizzata dalle proprie specifiche peculiarità, ma con uno denominatore comune: l'innovazione.

Nell'immagine sottostante è rappresentata la roadmap che descrive le quattro rivoluzioni della storia industriale sino ad oggi.

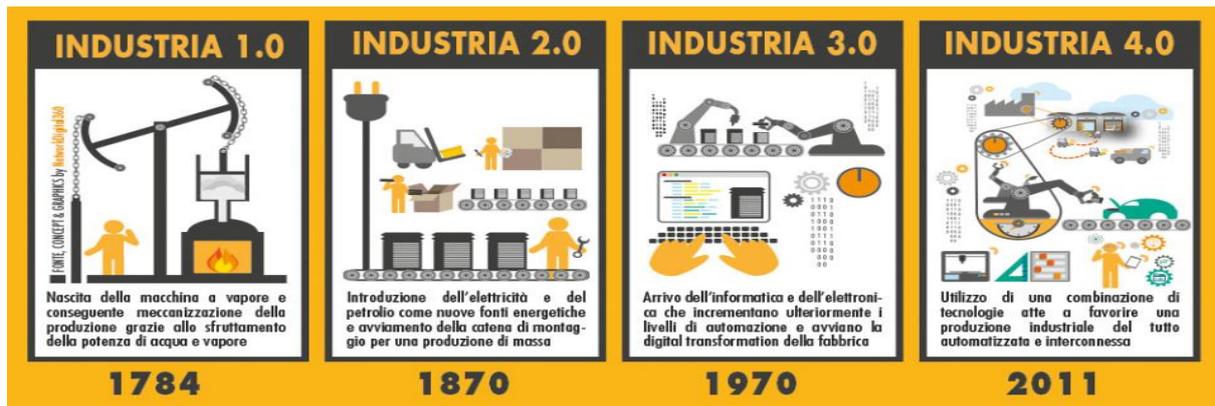


Figura 1: 4 tappe evolutive della storia industriale. Fonte (Digital4)

La prima rivoluzione industriale, nel 1784, vede protagonista l'invenzione della macchina a vapore, azionata dalla combustione del vapore che consente, per la prima volta nella storia dell'umanità, una meccanizzazione dei processi di fabbrica e dunque un conseguente aumento della velocità e della capacità produttiva.

Con l'avvento della seconda rivoluzione industriale, nel 1870, si ha l'introduzione dell'elettricità come nuova fonte di energia, che conduce ad un incremento del livello di meccanizzazione delle fabbriche. È in questo periodo storico che il concetto di produzione di massa affonda le sue radici grazie all'invenzione della catena di montaggio da parte di Frederick Taylor.

La terza rivoluzione industriale, nel 1950, vede l'utilizzo in fabbrica delle ICT, che incrementano l'efficienza non solo in ambito operativo ma anche e soprattutto organizzativo, gettando le basi della digital transformation. Inoltre, si assiste ad un cambiamento nel modo di produrre con la diffusione del concetto lean production, basato sul principio just in time e sul miglioramento continuo della qualità.

Dal 2011 ad oggi si afferma quella che viene definita Industria 4.0, ovvero la quarta rivoluzione industriale, basata sull'introduzione di tecnologie abilitanti all'interno dell'impianto produttivo. L'implementazione dei sistemi Cyber-physical systems determina una produzione caratterizzata dall'interconnessione tra mondo virtuale (software) e mondo reale (prodotti e processi). Attraverso il cosiddetto "Internet of Things" si ha infatti

l'interazione tra componente fisica e componente digitale che è resa possibile, simultaneamente: dalla presenza di Sensori Smart e di attuatori e dalla connessione wireless. La connessione tra le due componenti genera una quantità ingente di dati accessibili in real time ("Big Data"), che rappresentano la chiave di volta per una presa di decisioni efficiente. Possono, infatti, essere analizzati al fine di incrementare l'efficienza dei processi, la conoscenza dell'utilizzo dei prodotti da parte dei clienti, la verifica della conformità dei modelli digitali alla realtà. Tali dati vengono memorizzati nel Cloud, sistema che eroga servizi hardware e software e garantisce al fruitore il deployment delle proprie risorse. L'augmented reality (AR) viene utilizzata a supporto della pianificazione industriale mediante l'interfaccia uomo-macchina. Infine, algoritmi di Machine Learning e concetti di Artificial Intelligence vengono implementati affinché i sistemi produttivi riescano ad apprendere dalle esperienze passate e ad ottimizzare la loro resa. Il risultato dell'implementazione di tali tecnologie è una produzione sempre più automatizzata, digitalizzata e intelligente.

## 1.2 Storia dell'Industria 4.0

Tale termine, che indica l'evoluzione massima delle tecnologie a supporto dei processi produttivi ed organizzativi aziendali, affonda le origini in Germania, e viene utilizzato per la prima volta nel 2011. Ci si riferiva ad un'ipotesi di progetto presentata nel 2012 dal Governo Federale Tedesco per l'implementazione del Piano Industria 4.0, con l'obiettivo di aumentare l'efficienza della gestione del settore pubblico. Tale piano industriale, viene concretizzato nell'aprile del 2013, quando ne vengono presentati i contenuti alla fiera di Hannover: investimenti su scuole, infrastrutture, sistemi energetici, enti di ricerca e aziende per incrementare l'ammodernamento del sistema produttivo tedesco. Da qui, diversi paesi europei prendono iniziativa dando vita alla creazione di Piani industriali.

## 1.3 Piano nazionale per l'incentivazione dell'Industria 4.0

Come già precedentemente accennato, dalla proposta di progetto stipulata ad Hannover in Germania nel 2011, e successivamente concretizzata nel 2013, anche gli altri Paesi nel contesto europeo danno vita ad una fase di ammodernamento ed efficientamento della gestione del settore pubblico, in primis l'Italia.

Nel 2016 viene lanciata una proposta di progetto, il piano "Industria 4.0", rivisto in seguito nel 2018 e rinominato "Impresa 4.0". Il piano si presenta come un insieme di forme di incentivazione che riguardano l'innovazione sia in ambito produttivo che gestionale, sia in materia di servizi che di beni, che vede destinatari della proposta le imprese italiane di qualsiasi dimensione.

Secondo quanto riportato dal Ministero dello sviluppo Economico, il piano prevede misure concrete in base a tre principali linee guida:

- Operare secondo una logica di neutralità tecnologica
- Intervenire con azioni orizzontali e non verticali o settoriali
- Agire su fattori abilitanti

Alcune forme di incentivazione già preesistenti rivelatesi efficaci, sono state potenziate in una logica 4.0, mentre per rispondere a nuove ed emergenti esigenze ne sono state predisposte nuove.

Le principali azioni previste nel Piano industriale italiano "Impresa 4.0" riguardano principalmente:

- *Iper e Super Ammortamento*: prevede rispettivamente la supervalutazione del 250% degli investimenti in beni materiali nuovi, dispositivi tecnologici abilitanti la trasformazione in chiave 4.0 acquistati o in leasing, e del 140% degli investimenti in beni strumentali nuovi acquistati o in leasing. Fine di tale incentivazione è quello di supportare le aziende che vogliono investire in beni materiali

e immateriali, funzionali alla trasformazione tecnologica e digitale dei processi produttivi.

- *Nuova Sabatini*: è una legge che offre una forma di sostegno per gli investimenti effettuati da micro, piccole e medie imprese in acquisti o acquisizioni a mezzo leasing, di beni strumentali ad uso produttivo. Le PMI possono beneficiare di un contributo maggiorato del 20% su tali investimenti.
- *Fondo di Garanzia*: tale incentivo ha lo scopo di agevolare le PMI che intendono ottenere un finanziamento bancario o da altri intermediari finanziari, ma non hanno adeguate garanzie da offrire.
- *Credito di Imposta R&S*: tale incentivo prevede l'assegnazione di un credito di imposta, a tutti i soggetti titolari di reddito d'imposta, pari al 50% per le imprese che affrontano spese di Ricerca e Sviluppo. Tale credito è usufruibile anche in caso di perdite, a copertura di un ampio insieme di imposte e contributi. La soglia massima è pari a 20 milioni di euro, quota annuale.
- *Accordi per l'Innovazione*: prevede un'agevolazione sotto forma di contributo diretto alle spese o finanziamento agevolato, per quelle imprese che presentano progetti di ricerca e sviluppo sperimentali finalizzati alla realizzazione di nuovi prodotti, processi o servizi o al miglioramento di prodotti processi o servizi già esistenti.
- *Contratti di Sviluppo*: normativa dedicata al sostegno di programmi strategici ed innovativi di grandi dimensioni, rivolta ad imprese di qualsiasi dimensione, che consente la finanziabilità di:
  - Programmi di sviluppo industriali compresi quelli riguardanti la commercializzazione dei prodotti agricoli
  - Programmi di sviluppo per la tutela ambientale
  - Programmi di sviluppo di attività turistiche

È inoltre prevista la possibilità di finanziare programmi di ricerca, sviluppo e innovazione, nonché opere infrastrutturali nei limiti previsti dalla normativa di attuazione.

- *Startup e PMI innovative:* sono previste agevolazioni quali semplificazioni ed esenzioni regolamentari, incentivi fiscali, facilitazioni nell'accesso al credito e al capitale di rischio, e nuovi programmi di finanziamento per tutte le Start Up che e le PMI che operano nel campo dell'innovazione tecnologica.
- *Patente box:* tale incentivo prevede un regime opzionale di tassazione per i redditi derivanti dall'utilizzo di software protetto da copyright, brevetti industriali, nonché informazioni acquisite in campo industriale giuridicamente tutelabili, con l'obiettivo di favorire le attività di ricerca e sviluppo sul mercato italiano.

Tali incentivi e misure d'azione proposti nel Piano industriale presentano chiari obiettivi estesi in un arco di tempo che va dal 2017 al 2020, e che riguardano principalmente quattro macro aree: investimenti innovativi, competenze, infrastrutture abilitanti, strumenti pubblici di supporto.

## 1.4 Piano nazionale per l'incentivazione dell'Industria 4.0: Risultati

Nel febbraio 2018, sono stati presentati dal Ministero dell'Economia e delle Finanze i risultati del piano Industria 4.0 ottenuti nel 2017.

Nella figura sottostante, vengono riportati sull'asse ascisse il tipo di incentivo e sull'asse delle ordinate la percentuale di imprese manifatturiere. Nel primo grafico l'analisi evidenzia l'incentivo scelto per dimensione dell'impresa, nel secondo per zona di appartenenza.

Si evince che gli incentivi ritenuti molto o abbastanza rilevanti, da parte delle imprese manifatturiere che hanno investito durante il 2017, sono il Super Ammortamento, l'Iper Ammortamento, il Credito d'Imposta R&S ed infine la Nuova Legge Sabatini. Inoltre, le imprese che prediligono queste due tipologie di incentivi sono ubicate nel Nord e Centro Italia, mentre l'interesse verso il Credito d'Imposta e la Nuova Legge Sabatini è pressappoco uguale in tutta Italia. Le piccole imprese usufruiscono con più frequenza degli incentivi proposti dalla Nuova Legge Sabatini, al contrario le medie e grandi imprese sfruttano prevalentemente il Super Ammortamento e l'Iper Ammortamento a sostegno dei loro investimenti.

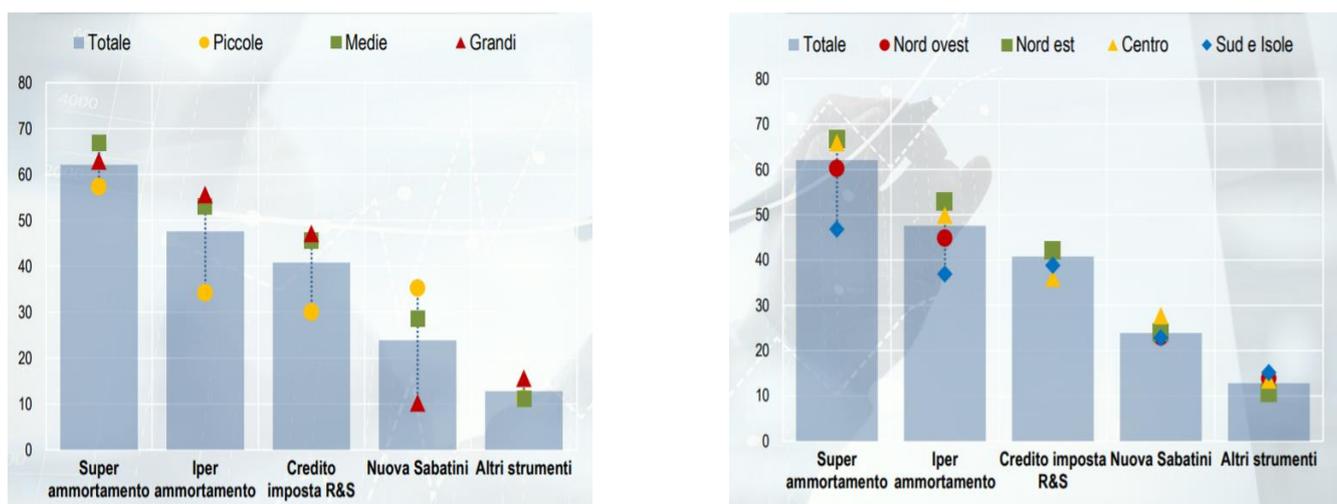


Figura 2: Analisi rilevanza degli incentivi per le Imprese (Fonte: ISTAT)

Nella figura 3, sull'asse delle ascisse sono riportate le tecnologie, mentre sull'asse delle ordinate la percentuale di imprese manifatturiere. L'analisi evidenzia gli investimenti effettuati per dimensione dell'impresa.

Le imprese, durante il 2017, hanno preferito investire su tecnologie quali Software, IoT e Cloud. In aggiunta, è possibile osservare che la propensione ad investire ha riguardato principalmente le imprese di maggiori dimensioni.

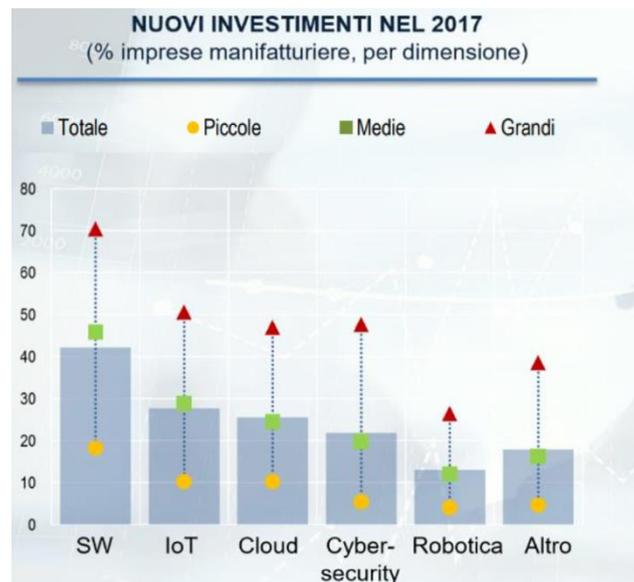


Figura 3: Dettaglio Investimenti in Tecnologie Digitali (Fonte: ISTAT)

Nel 2018 il piano di incentivazione industria 4.0, rinominato Impresa 4.0, viene aggiornato con l'approvazione del Testo della Legge di Bilancio 2018, vengono introdotte nuove azioni a supporto dello sviluppo 4.0, mentre quelle già esistenti subiscono delle rettifiche.

Vengono rimodulate le seguenti norme:

- *Super Ammortamento*: tale misura viene riconfermata per un altro anno, ma con una percentuale ridotta, l'incentivo scende infatti dal 140% al 130%
- *Nuova Sabatini*: la novità in questo caso riguarda la quota che viene destinata agli investimenti 4.0, che sale dal 20% al 30%.

Vengono introdotte le seguenti norme:

- *Credito d'Imposta formazione 4.0*: prevede un credito di imposta pari al 40% per spese relative alla formazione dei dipendenti riguardo l'utilizzo delle cosiddette "Tecnologie abilitanti". Il limite massimo di tali spese non deve superare i 300.000 euro quota annua per ciascun beneficiario. L'incentivo è rivolto ad Imprese residenti nel territorio dello Stato, Enti non commerciali residenti, imprese residenti all'estero con stabili organizzazioni sul territorio italiano.
- *Centri di competenza ad alta specializzazione*: tale misura prevede la costituzione di centri di competenza in cui si svolgono attività di orientamento e formazione alle imprese, nonché di supporto nell'attuazione di progetti di innovazione, ricerca industriale e sviluppo sperimentale, finalizzati alla realizzazione di nuovi prodotti, processi o servizi o al loro miglioramento tramite tecnologie avanzate in ambito Industria 4.0.
- *Centri di trasferimento tecnologico*: centri che svolgono attività di formazione e consulenza tecnologica, nonché di erogazione di servizi di trasferimento tecnologico verso le imprese e soprattutto le PMI nei seguenti ambiti:
  - Additive Manufacturing
  - Augmented reality
  - Internet of Things
  - Cloud Computing
  - Cyber-security
  - Big Data analytics

I risultati relativi al 2018, hanno testimoniato il crescente impatto positivo del piano Impresa 4.0. Sono stati riscontrati, rispetto al 2017, un aumento degli investimenti in ricerca e sviluppo, un incremento dell'acquisto di beni strumentali ed infine una percentuale di utilizzo del fondo di Garanzia superiore rispetto all'anno precedente. L'introduzione del Credito d'Imposta per la formazione 4.0, ha permesso di migliorare le competenze dei

dipendenti italiani rispetto a quelli europei. Allo stesso modo, l'avvio dei Competence Center, sta indirizzando le imprese ad investire nelle tecnologie più adatte al loro business. Infine, durante il 2018 si assiste all'assottigliamento del gap tra grandi imprese e PMI.

Nel 2019 viene dato un ulteriore impulso al piano Industria 4.0 dapprima con la Legge di Bilancio 2019 e in seguito con il decreto crescita. Nello specifico si è proceduto a modificare il piano per offrire maggiori incentivi a favore della crescita delle PMI. Le norme che hanno subito una rimodulazione sono state:

- *Iperammortamento*, vengono introdotte aliquote differenziate:
  - 170% per i progetti fino a 2,5 milioni;
  - 100% per i progetti tra 2,5 e 10 milioni;
  - 50% per i progetti tra 10 e 20 milioni.
- *Super Ammortamento*, in seguito alla mancata proroga da parte della Legge di Bilancio 2019, la norma viene ripristinata dal decreto di crescita che conferma l'aliquota della maggiorazione al 30%.
- *Nuova Sabatini*, vengono potenziate e semplificate le modalità operative di applicazione della legge:
  - valore massimo del finanziamento concedibile a ciascuna impresa beneficiaria euro 4.000.000,00,
  - introduzione di un'autocertificazione dell'impresa sugli investimenti realizzati,
  - erogazione del finanziamento in unica soluzione per importi non superiori a 100.000,00 euro.

- *Sostegno alla ricapitalizzazione delle PMI*, l'estensione dei contributi previsti dalla "Nuova Sabatini" anche alle PMI costituite in forma societaria impegnate in processi di capitalizzazione, che intendano realizzare un programma di investimento. Il contributo è rapportato agli interessi calcolati sul finanziamento ad un tasso annuo variabile in base alla dimensione dell'impresa:
  - 5% per le micro e piccole imprese;
  - 3,575% per le medie imprese.
- *Credito d'Imposta per la formazione 4.0*, mentre nella formulazione precedente il credito d'imposta riconosciuto era pari al 40% per spese relative alla formazione dei dipendenti fino ad un importo massimo di 300.000 euro per ciascun beneficiario. La nuova norma prevede percentuali diverse in funzione della dimensione dell'impresa:
  - Piccole imprese: viene riconosciuto all'impresa il 50% delle spese ammissibili rispettando il limite massimo annuale di 300.000,00 euro.
  - Medie imprese: viene riconosciuto all'impresa il 40% delle spese ammissibili rispettando il limite massimo annuale di 300.000,00 euro.
  - Grandi imprese: viene riconosciuto all'impresa il 30% delle spese ammissibili rispettando il limite massimo annuale di 200.000,00 euro.
- *Agevolazioni a sostegno di progetti di R&S*: norma a sostegno dei progetti di ricerca e sviluppo allo scopo di riconvertire i processi produttivi nell'ambito dell'economia circolare.
- *Digital transformation*: norma per agevolare la trasformazione tecnologica e digitale delle PMI secondo logiche 4.0.

## 1.5 Smart Factory e Tecnologie Abilitanti

Gli esperti di studi di settore, quando parlano dell'Industria 4.0 fanno riferimento al termine "Smart Factory". La Smart factory è una struttura produttiva completamente integrata e collaborativa capace di rispondere in tempo reale alle mutevoli richieste degli attori della catena del valore. All'interno delle Smart factory, un insieme di tecnologie abilitanti si aggregano grazie ad Internet in nuovi paradigmi produttivi che sottendono efficienze di processo, organizzative, di prodotto e di modello di business. Tra i benefici derivanti dall'implementazione delle tecnologie 4.0 si annoverano:

- Flessibilità: produzione di piccoli lotti personalizzati ai costi della grande scala che rispondono alle esigenze dei clienti;
- Velocità: maggiore velocità dalla fase di prototipazione alla produzione in serie attraverso tecnologie di simulazione che accelerano i tempi di go to market;
- Produttività: aumento della dinamica dei processi attraverso minori tempi di set-up, riduzione errori e fermi macchina;
- Qualità: miglioramento della qualità e riduzione degli scarti mediante i Sensori Smart che monitorano la produzione in real time;
- Integrazione: collaborazione tra le filiere e catene di fornitura e subfornitura attraverso miglioramenti nei sistemi di approvvigionamento, nella logistica e nella gestione del magazzino e degli ordini;
- Sicurezza: interfaccia uomo-macchina che porta ad una riduzione di errori e infortuni, e miglioramento della sicurezza e dell'ergonomia del luogo di lavoro;
- Sostenibilità: riduzione dei consumi energetici e dell'uso di materie prime, delle emissioni, con conseguente riduzione dell'impatto ambientale sull'intero PLC;
- Competizione: maggiore competitività del prodotto grazie a maggiori potenzialità di comunicazione derivanti dall'Internet of things.

### 1.5.1 Smart Factory

Una Smart Factory, come suggerisce il nome, è un impianto di produzione altamente digitalizzato, un luogo in cui i sistemi fisici e digitali, sono interconnessi tra loro e i dati vengono condivisi in tempo reale. La comunicazione tra i diversi sistemi e l'intero processo produttivo avviene senza alcuna interferenza umana, attraverso una connessione ad Internet. Quando i dati passano attraverso i sistemi per realizzare operazioni collegate, l'impianto nel suo complesso è in grado di convertirli in informazioni, e stabilire le azioni da intraprendere in futuro. Inoltre, le fabbriche intelligenti sono in grado di apprendere in corso d'opera e di adattarsi dinamicamente ai cambiamenti.

Le Smart Factory possiedono cinque caratteristiche fondamentali:

- Connessione: tutti i processi e i sistemi sono collegati per generare i dati necessari alla presa di decisioni intelligenti;
- Ottimizzazione: i processi vengono automatizzati, e di conseguenza aumenta la loro affidabilità;
- Trasparenza: si ha una maggiore visibilità in quanto i dati acquisiti permettono il monitoraggio di tutti i processi e i sistemi in tempo reale;
- Proattività: i sistemi, i processi e gli operatori possono agire prima che sorga un problema piuttosto che reagire ad esso una volta verificatosi;
- Agilità: si ha una maggiore flessibilità nella produzione, è possibile produrre prodotti completamente diversi tra di loro e adattarsi rapidamente a cambiamenti nella schedulazione delle attività produttive.

Inoltre all'interno delle smart factory i cluster tecnologici vengono suddivisi come segue:

- Smart Production: l'applicazione delle nuove tecnologie favorisce la condivisione di informazioni all'interno della fabbrica, favorendo collaborazione ed integrazione tra uomini, macchinari e sistemi.

- Smart Services: nuova governance di gestione delle infrastrutture informatiche che sfrutta logiche di massima integrazione tra tutti gli attori della supply chain, clienti inclusi, attraverso una rete condivisa di informazioni.
- Smart Energy: nuovi metodi di alimentazione dell'energia ed un aumento del monitoraggio dei consumi energetici, rendono le infrastrutture più performanti, economiche ed ecologiche.



*Figura 4: A Look Into Smart Factories (Fonte Trendmicro)*

## 1.5.2 Tecnologie Abilitanti

### *1.5.2.1 Sistemi Cyber Fisici*

I CPS derivano dall'ampia applicazione dei sistemi embedded, la loro origine può essere fatta risalire al 2006. Il termine Cyber-physical System è stato coniato da Helen Gill del National Science Foundation (NSF) per descrivere sistemi sempre più complessi che non potevano essere efficacemente illustrati utilizzando la tradizionale terminologia informatica.

Un Cyber Physical System è un sistema intelligente, autonomo ed intercomunicante che rende possibile la digitalizzazione dei processi all'interno di uno stabilimento industriale.

L'aspetto centrale di tali sistemi consiste nel poter collegare fra loro componenti fisici quali processi o prodotti. Tali componenti fisici dispongono di una rappresentazione virtuale che rispecchia il mondo reale e ne fornisce ulteriori informazioni. Attraverso le rappresentazioni digitali è quindi possibile monitorare lo stato o il comportamento del componente fisico e regolarlo se necessario.



*Figura 4: Mapping between physical and cyber/digital worlds. (Fonte: Digital Twins and Cyber-Physical Systems toward Smart Manufacturing and Industry 4.0)*

Dunque, i componenti fisici tramite dei sensori acquisiscono i dati che diventano accessibili, consultando la rappresentazione digitale. Utilizzando le informazioni raccolte dal mondo reale, e disponendo di un'intelligenza decentrata, il sistema riesce a valutare differenti situazioni operative, supportare una presa di decisioni e per mezzo degli attuatori, implementare azioni correttive o migliorative. Le azioni intraprese vengono direttamente comunicate non solo agli altri componenti fisici interconnessi, ma vi è la possibilità di inviare aggiornamenti anche a tutti gli attori della catena del valore, fino ai clienti o ai fornitori esterni.

I CPS, utilizzano tre tecnologie differenti: i sensori integrati, gli attuatori e l'intelligenza decentralizzata. I sensori forniscono informazioni sullo stato operativo del CPS, mentre gli attuatori mettono in atto delle azioni

correttive volte ad ottimizzare quello stato. Tali azioni correttive vengono elaborate da un'intelligenza decentralizzata che, attraverso le informazioni provenienti dallo stesso CPS e dai CPS all'interno dello stabilimento industriale, valuta i possibili situazioni per selezionare quella che maggiormente si adatta al caso in esame.

Se si vuole riassumere, i CPS operano secondo un'architettura che consta di 5 livelli:

- *Smart connection level*: in questo livello, i sensori integrati, raccolgono in tempo reale i dati che verranno poi trasferiti con determinati protocolli di comunicazione;
- *Data to information conversion level*: in questo livello avviene la conversione dei dati acquisiti nella fase precedente in informazioni a valore aggiunto;
- *Cyber level*: nel terzo livello viene generata una copia del processo fisico in una realtà digitale;
- *Cognition level*: in questo livello vengono identificati diversi scenari e si avvia un processo decisionale.
- *Configuration level*: dalla realtà virtuale vengono inviati dei feedback a quella fisica, successivamente vengono applicate le azioni correttive prese al livello precedente.

Inoltre, i CPS presentano un'ampia gamma di applicazioni in diversi settori, tra cui l'industria manifatturiera, energetica, l'assistenza sanitaria, i servizi ai consumatori ed il monitoraggio delle infrastrutture critiche.

#### *1.5.2.2 Internet of Things*

Ad oggi non esiste una definizione unica di Internet of Things per la comunità mondiale degli utenti. Ciò che tutte le definizioni hanno in comune, però, è l'idea che l'IoT riguarda i dati creati dalle cose. A seguito di un'approfondita revisione della letteratura si è scelto di fare riferimento a quella data da Madakam, Ramaswamy e Tripathi:

*"Una rete aperta e completa di oggetti intelligenti che hanno la capacità di auto-organizzarsi, condividere informazioni, dati e risorse, reagire e agire di fronte a situazioni e cambiamenti nell'ambiente".*

Si tratta di un'evoluzione tecnologica che estende la comunicazione all'interazione tra oggetti fisici diversi e fisicamente distanti. In altre parole, ci si riferisce ad un insieme di tecnologie che consentono ad oggetti e dispositivi fisici di generare dati e di dividerli con altri oggetti così da renderli "smart". Tali oggetti fisici, in questo modo, possono interagire sia con i loro stati interni, sia con l'ambiente esterno.

Le origini di questo fenomeno risalgono al 1999, quando Kevin Ashton, descrisse per la prima volta un sistema in cui i computer sarebbero stati in grado di raccogliere dati e trasformarli in informazioni utili autonomamente, grazie ai sensori e all'identificazione a radiofrequenza RFID (Radio Frequency Identification) che avrebbero consentito ai computer di osservare, assimilare e comprendere il mondo.

L'RFID può essere descritta come una tecnologia di identificazione automatica che permette l'acquisizione e la memorizzazione di dati su oggetti e dispositivi fisici.

Nello specifico l'RFID è costituita da tre elementi: il tag, ovvero un'etichetta che contiene una piccola antenna e si inserisce nell'oggetto fisico, una seconda antenna che comunica con la prima antenna tramite le onde radio e un reader che per mezzo dell'antenna legge le informazioni contenute nel tag e le trasferisce al sistema informatico cui è collegato affinché possano essere registrate.

La definizione dell'Internet degli oggetti di Ashton si basava dunque sulla possibilità di collegare gli oggetti del mondo fisico dotati di sensori a Internet utilizzando l'RFID.

Sebbene negli anni l'Internet of Things ha continuato ad evolvere grazie ai progressi nella connettività di rete e ad altre tecnologie afferenti al paradigma dell'Industria 4.0, il principio fondante di avere una rete di

dispositivi interconnessi, che interagiscono tra loro e con l'ambiente circostante per raccogliere ed analizzare le informazioni utilizzando Internet, è rimasto lo stesso. Le informazioni ricavate, vengono in seguito utilizzate per modificare in modo vantaggioso le azioni future e creare valore aggiunto. Inoltre ogni qualvolta che si corregge un'azione si originano nuove informazioni, in modo che il processo di apprendimento del sistema continui. L'Internet degli oggetti è pertanto quello strumento che permette, attraverso la connessione ad Internet, di collegare i sistemi cyber-fisici sia tra di loro che con gli esseri umani.

L'IoT viene applicato trasversalmente in diversi campi, specie quello delle infrastrutture intelligenti quali le case, i trasporti, le Smart City, le fabbriche e quanto altro. Le Smart Factory traggono un grande vantaggio da tale tecnologia, che nel mondo del manufacturing evolve in Industrial Internet Of things.

#### *1.5.2.3 Internet of Services*

Un pilastro importante per l'industria 4.0, insieme ai sistemi Cyber-fisici (CPS) e all'Internet degli oggetti (IoT) è l'Internet dei servizi (IoS).

Con l'Internet degli oggetti, l'utente era abituato a controllare le funzioni di ogni dispositivo con la sua specifica applicazione, ma a causa dell'inarrestabile aumento dei dispositivi collegati a Internet, la comunicazione one-to-one ha smesso di essere pratica. Con la moltiplicazione delle funzioni, cresce l'esigenza di disporre di un modello integrato per il controllo dei dispositivi.

L'Internet of Services nasce dall'integrazione di tutti gli apparati dell'Internet degli oggetti, allo scopo di incrementare il valore aggiunto di questi ultimi a beneficio dei diversi attori della catena di fornitura. Ed in particolare l'Internet dei servizi offre un quadro completo per gestire simultaneamente le funzionalità degli oggetti connessi.

Infatti, il produttore grazie all'IoS riesce a controllare tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto, intervenendo tempestivamente da remoto per anticipare il verificarsi di eventuali guasti o anomalie. Allo stesso modo, il consumatore, attraverso un'applicazione mobile, può avere l'accesso diretto alle informazioni sul servizio che sta ricevendo ed effettuare un monitoraggio in tempo reale dello stesso.

L'internet dei servizi copre un insieme astratto di funzionalità, per questa ragione è necessario introdurre due concetti: Web 2.0 e Service-Oriented Architecture (SOA).

Il termine Web 2.0 si riferisce ai cambiamenti nelle modalità di progettazione e utilizzo delle pagine web da parte degli utenti: questi ultimi possono apportare modifiche ai contenuti visualizzati sul web, rendendolo dinamico. Il SOA, invece, è un modello logico che riorganizza le applicazioni e le infrastrutture software in un insieme di servizi che interagiscono.

Comunemente, i normali utenti di Internet non possono usufruire facilmente di alcuni servizi, dal momento che questi ultimi risiedono all'interno dei confini aziendali e sono accessibili solo a scopi professionali. Attraverso l'interconnessione tra Web 2.0 e le applicazioni SOA, invece è possibile estendere tali servizi, al Web per l'uso da parte dei fornitori, partner commerciali e dei clienti dell'azienda.

#### *1.5.2.4 Cloud Computing*

Il Cloud Computing è un'architettura IT in cui un fornitore offre l'accesso on-demand ad un pool condiviso di risorse preesistenti e configurabili come server, storage, database e una vasta gamma di servizi applicativi al cliente finale. Un provider Cloud fornisce l'hardware e/o il software via internet, mentre i clienti effettuano il provisioning e utilizzano tali risorse mediante un'applicazione web apposita.

In particolare, il Cloud consiste in una serie di servizi che coprono tutte le esigenze aziendali sia in termini di calcolo, computazione, di archiviazione di dati ma anche di sicurezza, tra questi si riscontrano (vedi figura 5):

- Software come servizio (SaaS). Il cliente sfrutta le applicazioni presenti sull'infrastruttura del fornitore, che possono essere standard o personalizzate.
- Piattaforma come servizio (PaaS). Il cliente ha la possibilità di creare e implementare delle applicazioni sull'infrastruttura del fornitore usufruendo di strumenti quali linguaggi di programmazione, librerie e servizi dedicati. Dunque il provider fornisce non solo l'hardware ma anche un ambiente di sviluppo, la piattaforma.
- Infrastruttura come servizio (IaaS). Il fornitore mette a disposizione del cliente risorse hardware virtualizzate, affinché quest'ultimo possa costruire e gestire, in base alle proprie esigenze, un'infrastruttura sul Cloud.



Figura 5: Cloud Solutions (Fonte IT-expert magazine)

Il principale vantaggio che le aziende traggono dalla tecnologia Cloud riguarda la semplificazione e la rapidità nell'accesso ad una vasta gamma di servizi tecnologici. Tali servizi permettono di ridurre i costi non soltanto di implementazione ma anche di gestione, in termini di asset fisici e di risorse umane poiché diventa possibile gestire in maniera efficiente l'allocazione di risorse necessarie alle esigenze dell'azienda.

Inoltre, la tecnologia Cloud permette ai team IT in azienda di sperimentare ed innovare di più e rapidamente, in modo da fornire soluzioni di business che mirano al miglioramento della customer experience.

#### *1.5.2.5 Big Data Analytics*

Con Big Data si fa riferimento all'ingente massa di dati, strutturati e non, generati ogni giorno da un'azienda. I Big Data vengono acquisiti ed analizzati, da parte di un business, per rilevare le informazioni necessarie a svolgere un processo decisionale razionale.

Infatti, attraverso quest'ingente massa di informazioni, è possibile costruire analisi su esperienze ed errori passati, al fine di attuare efficienze, ottimizzare i processi interni, sviluppare nuovi prodotti e servizi ed ottenere un risparmio economico. Dunque, oggi, una delle sfide più comuni con cui le aziende devono confrontarsi consiste proprio nell'utilizzo puramente strategico dei big Data al fine di ottenere un vantaggio competitivo nel mercato.

Secondo Douglas Laney perché un dato possa essere definito big deve possedere specifiche caratteristiche, per questa ragione si parla delle 3 V, ovvero volume, velocità e varietà:

- Volume: la quantità di dati che sommerge un'azienda sta subendo un incremento incontrollabile, per questo diventa sempre più complesso individuare un valore limite al di sopra del quale si può parlare di Big Data. Gli analisti internazionali considerano una soglia superiore ai 50 Terabyte o volumi di dati che crescono più di un 50% all'anno.

- Velocità: i dati si originano e vengono raccolti ogni volta in maniera più rapida. La missione delle aziende dunque non si limita all'acquisizione dei dati, bensì all'analisi in tempo reale, affinché risulti possibile prendere decisioni strategiche tempestivamente.

- Varietà: oggi le aziende si interfacciano con dati di diversa natura provenienti da fonti eterogenee, quali sistemi aziendali, sensori, ma anche social network e open data.

Si parla dunque di dati strutturati, semi strutturati o non strutturati, interni all'azienda o acquisiti esternamente.

Affinché l'analisi dei big data risulti un processo efficace, grazie al quale raccogliere dati ed informazioni utili, vengono aggiunte altre due dimensioni alle prime tre, che definiscono la natura del dato:

- Veridicità: Gli esperti del settore sostengono che: "Bad data is worse than no data". I dati devono essere attendibili, e rispecchiare la realtà, l'integrità delle informazioni è fondamentale per giungere a conclusioni che siano utili.
- Variabilità: il significato di uno stesso dato muta in funzione del contesto in cui è stato acquisito ed analizzato, è necessaria dunque una corretta interpretazione.

Di seguito vengono descritti i diversi metodi di analisi dei Big Data:

- Analisi descrittiva: È uno strumento che genera semplici report attraverso i quali è possibile visualizzare la performance dei processi aziendali e/o aree funzionali in un determinato momento o in un periodo di tempo.
- Diagnosi analitica. Più avanzati degli strumenti di reporting descrittivo, permettono agli analisti di determinare le cause alla radice di una data situazione.
- Analisi Previsionale. Gli strumenti di analisi predittiva utilizzano algoritmi per prevedere ciò che potrebbe accadere in futuro.
- Analisi prescrittiva. Sono strumenti capaci di proporre delle misure strategiche da implementare per ottimizzare la performance dei processi aziendali e/o aree funzionali in base all'analisi svolta.

- Analisi automatizzata: sono strumenti in grado di implementare autonomamente un'azione basandosi sui risultati dell'analisi svolta.

Gli ultimi due strumenti si avvalgono spesso di tecnologie quali Artificial Intelligence e Machine Learning.

#### *1.5.2.6 Cyber security*

La Cyber security comprende tutte quelle tecnologie utili a proteggere un sistema informatico da attacchi che possono portare alla perdita o compromissione di dati e informazioni.

L'interconnessione fornisce un collegamento tra partner, clienti, dipendenti e sistemi per potenziare le performance aziendali e creare nuove opportunità di collaborazione su uno spazio concettuale condiviso, il cosiddetto cyberspace. Dunque è vista come un requisito per l'accesso immediato a dati interdipendenti e in real-time tra settori industriali o tra aree geografiche diverse.

Lo status "Always-on", abilitato da tecnologie quali Cloud, Big Data e soprattutto, IoT comporta l'insorgere di minacce informatiche poiché "tutto connesso, sempre" vuol dire "più finestre aperte" verso il mondo esterno. La conseguenza diretta è un significativo incremento del rischio che gli attaccanti, siano essi individui singoli, organizzazioni criminali o stati sovrani, siano in grado di sottrarre dati sensibili, informazioni e know-how fondamentali per le aziende.

Per capire se un sistema informatico è più o meno sicuro bisogna trovare le minacce e vulnerabilità e proteggerli da eventuali attacchi. Qualsiasi ambiente intelligente e sicuro dovrebbe disporre di strumenti per il rilevamento e la prevenzione delle intrusioni esterne, quali il monitoraggio dell'integrità, patching virtuale, l'analisi avanzata del Sandbox, Machine Learning, rilevamento Malware, la protezione dallo spam e la chiusura delle porte TCP/IP.

L'implementazione di un'architettura in grado di ridurre i rischi e di rimanere al passo con le ultime novità della sicurezza informatica affidandosi a partner di fiducia è un must have al fine di proteggere tutti i dispositivi e i sistemi connessi su tutti i fronti.

#### *1.5.2.7 Artificial Intelligence e Machine Learning*

In termini tecnici, l'AI è quel ramo dell'informatica che studia come programmare computer che abbiano la facoltà di realizzare ciò che la mente umana può realizzare.

La prima definizione di Artificial Intelligence risale al 1956, quando Marvin Minsky, durante la conferenza di Dartmouth, la descrisse come:

“la scienza che fa fare alle macchine delle cose che richiederebbero intelligenza se fossero fatte dagli uomini”.

Da allora l'intelligenza artificiale ha conosciuto uno straordinario sviluppo per questo viene considerata da Zachary Lipton, come un obiettivo in movimento, che progredisce nel tempo, basato su quelle abilità che gli umani possiedono, ma le macchine no. Dunque, la definizione di AI evolve man mano che i relativi progressi tecnologici risultano essere ulteriormente implementati.

L'intelligenza artificiale è costituita da modelli computazionali che riproducono funzioni sintetiche/astratte di ragionamento, meta ragionamento e apprendimento al fine di emulare forme di pensiero e di azione affini a quelli dell'uomo.

Con l'aumentare della complessità legata al modello, aumenta anche il livello di integrazione della componente cognitiva, in base al quale l'intelligenza artificiale viene definita come debole o forte.

- Intelligenza artificiale debole: fa riferimento a sistemi tecnologici capaci di simulare particolari funzionalità cognitive degli uomini.

- Intelligenza artificiale forte: identifica sistemi tecnologici in grado di sviluppare un'intelligenza propria, che posseggano quindi capacità cognitive e non le emulino dagli umani come nel caso precedente.

L'AI debole e forte determinano due forme di apprendimento delle macchine diverse, ovvero il Deep Learning e il Machine Learning.

Il Deep Learning fa riferimento all'AI debole ed è composto da algoritmi che permettono alle macchine di emulare le funzionalità cervello umano. Le architetture di Deep Learning vengono implementate per riconoscere oggetti all'interno di immagini, studiare le onde sonore per trasformare il parlato in testo o analizzare il linguaggio e tradurlo in un formato utile per le analisi.

Il Machine Learning fa riferimento all'AI forte ed è composto da algoritmi che permettono alle macchine di apprendere dall'esperienza in modo che possano eseguire un compito autonomamente.

Le applicazioni dell'intelligenza artificiale non si limitano all'automatizzazione dei processi, infatti mirano a creare processi di business innovativi, per esempio attraverso la configurazione personalizzata dei prodotti, sulla base delle richieste dei clienti finali. Altre applicazioni dell'intelligenza artificiale prevedono che i robot e i colleghi umani lavorino produttivamente fianco a fianco. Vi sono applicazioni in grado di effettuare una previsione accurata della domanda, che ottimizzerebbe l'approvvigionamento delle materie prime, il processo produttivo, il livello di stock a magazzino, la manutenzione delle attrezzature e il consumo di energia.

### 1.5.2.8 Robot

Con il termine Robot si intende:

“Un manipolatore multifunzionale e riprogrammabile, progettato per muovere materiali, parti, attrezzi o dispositivi specialistici attraverso movimenti programmati variabili, per l’esecuzione di una varietà di compiti. Un robot acquisisce inoltre informazioni dall’ambiente e si muove in modo intelligente di conseguenza.”

Un robot è costituito da elementi che gli permettono di compiere tre funzionalità basilari caratteristiche dell’uomo: sentire, decidere ed attuare.

Risulta dunque che un sistema robotico sia essenzialmente rappresentato dall’interconnessione tra:

- *Sistema meccanico*, che corrisponde all’apparato di manipolazione;
- *Sistema di attuazione*, che attraverso meccanismi, motori e trasmissioni compie l’azione di manipolazione;
- *Sistema sensoriale*, che fornisce ai robot la percezione del proprio stato interno mediante traduttori di posizione e dell’ambiente esterno attraverso sensori di forza e di visione;
- *Sistema di controllo*, che predispone la realizzazione di azioni in linea con il compito che il robot deve portare a termine, con le limitazioni del robot stesso e le condizioni imposte dall’ambiente esterno.

In ambito manifatturiero le funzionalità appena citate favoriscono l’automazione industriale, rendendo possibili operazioni di fresatura e foratura, saldatura ad arco e a punti, verniciatura e rivestimento, taglio laser e a getto d’acqua, pressatura e stampaggio tra le altre. In questo caso l’ambiente in cui operano i robot viene separato dall’ambiente in cui operano gli uomini, per ragioni di sicurezza. Con l’avvento dell’Industria 4.0 vengono introdotte applicazioni che vedono i robot e gli uomini condividere lo stesso spazio, e interagire per svolgere congiuntamente un compito. Affinché ciò sia possibile, questi robot collaborativi (cobot) (vedi Figura 6)

devono possedere dei meccanismi basati sulla limitazione della forza, sul controllo della velocità e sul costante monitoraggio di quanto accade attorno a loro, che assicurino la messa in sicurezza degli operatori.

I cobot vengono implementati soprattutto per supportare gli uomini in attività ripetitive, usuranti o addirittura pericolose, aumentando così l'efficienza della filiera produttiva, la qualificazione e la gratificazione degli operatori. L'integrazione dei robot nelle fabbriche presenta delle criticità, infatti spesso il linguaggio con cui sono stati programmati i robot non è compatibile con quello delle macchine presenti all'interno dello stabilimento industriale. A tal proposito è possibile servirsi di un sistema operativo dedicato ai robot (ROS) che semplifichi il processo di integrazione.



*Figura 6: Esempio di Cobot (Fonte: Feder Progetti)*

#### *1.5.2.9 Additive Manufacturing*

Quando si parla di Additive Manufacturing o manifattura additiva ci si riferisce ad una tecnica di produzione che permette di ottenere prodotti e manufatti dalla generazione e successiva addizione di strati di materiale consecutivi.

In particolare, la definizione di Additive Manufacturing è la seguente:

“Il processo di giunzione dei materiali, strato per strato, in contrapposizione ai metodi di produzione sottrattiva” (ISO 2017)

In gergo comune si parla di Stampa 3D, considerata oggi una tecnologia digitale clamorosa, in grado (potenzialmente) di stravolgere i tradizionali paradigmi produttivi, capace di stampare (ovvero produrre) un oggetto tridimensionale partendo da un file CAD, quasi come avviene per una stampante ad inchiostro. Il processo di additive manufacturing ha come input la realizzazione del modello 3D dell'oggetto (progettazione CAD), a cui segue un processo semi-automatico di conversione del file in formato STL, che prevede la scomposizione dell'oggetto in strati (layer) stampabili dalle stampanti 3D. I materiali che possono essere stampati vanno dai metalli alla ceramica.

Esistono 7 tipologie di Additive Manufacturing, che si differenziano per materiali e tecnica di stampaggio.

La figura in basso mostra un overview delle prime quattro:

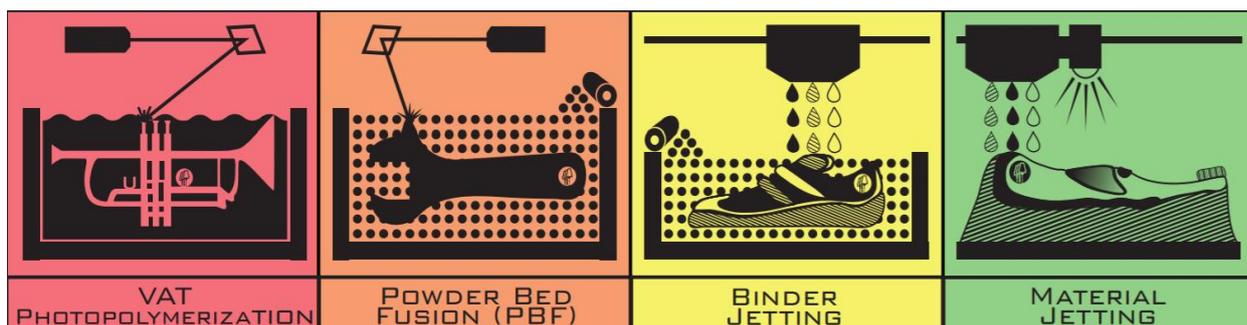


Figura 7: 7 Families of Additive Manufacturing (Fonte H. M. Technologies).

- Vat Photopolymerization: una vasca piena di resina fotopolimerica liquida, viene polimerizzata attraverso l'esposizione selettiva a luce di diverse frequenze. Le aree esposte si solidificano ottenendo così l'oggetto finale.
- Powder bed fusion: comprende diverse tecniche, come la sintetizzazione laser a metallo diretto e la sintetizzazione laser selettiva. Dunque un laser fonde insieme la polvere del materiale ottenendo così l'oggetto finale.

- Binder Jetting: questa tecnologia usa una testina di stampa che lega selettivamente il materiale in polvere che può essere organico o inorganico. La polvere in eccesso viene eliminata successivamente.
- Material Jetting: utilizza una testina per depositare gocce di cera o altro materiale, incluso metallo. Quando il materiale raggiunge la temperatura ambiente, viene aggiunto un nuovo strato per formare il modello completo.

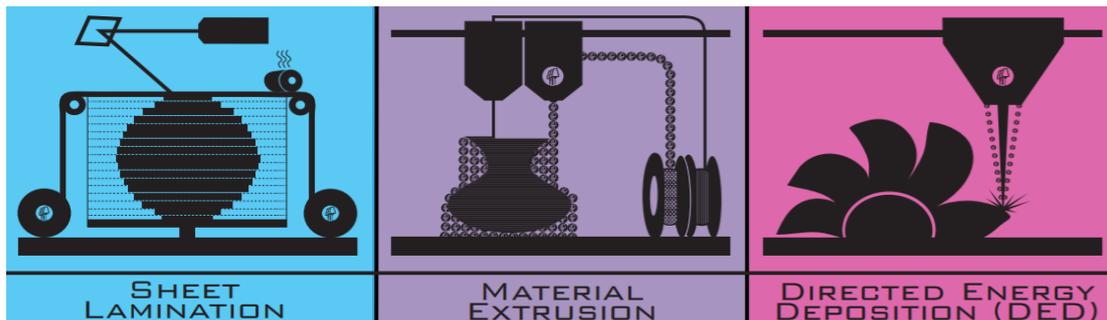


Figura 7: 7 Families of Additive Manufacturing (Fonte H. M. Technologies).

- Sheet Lamination: una serie di fogli di materiale metallico/plastico vengono laminati. La laminazione può essere adesiva o chimica (carta/ plastica). Le parti non necessarie vengono rimosse al fine di modellare l'oggetto finale.
- Direct Energy Deposition: un ugello montato su un braccio multiasse che utilizza un filo metallico o della polvere. La polvere o il filo vengono fusi e saldati sullo strato precedente da un laser.
- Material Extrusion: comunemente conosciuta come FDM, usa un ugello che costruisce i modelli sovrapponendo il materiale fuso in piccole corde appiattite.

Nel corso degli anni la stampa 3D è stata utilizzata in base alle esigenze di produzione, in alcuni casi ha sostituito i precedenti sistemi di produzione, mentre in altri casi è stata considerata come un'integrazione alla tecnologia di produzione esistente. Ci sono voluti comunque trent'anni affinché tale tecnologia venisse riconosciuta ed applicata a settori di interesse.

I vantaggi che tale tecnologia apporta nel campo della produzione sono diversi, primo fra tutti il fatto che il prodotto non deve essere modificato per conformarsi alla produzione tradizionale.

Inoltre, grazie alla sua estrema flessibilità, l'Additive Manufacturing trova principalmente applicazione nel settore manifatturiero per la produzione di prototipi e nella fase di ingegnerizzazione.

#### *1.5.2.10 Virtual Reality e Augmented Reality*

Con il termine Virtual Reality si intende una realtà digitale simulata che permette all'utente di interagire con gli oggetti presenti in essa. Con il termine Augmented Reality (AR), invece, ci si riferisce all'arricchimento della percezione sensoriale umana con informazioni che non sono presenti nel mondo reale. Infatti, sebbene questi termini vengano utilizzati spesso come sinonimi, ciò che in realtà cambia è la modalità di interazione con il mondo reale.

Tali tecnologie rendono possibile il perfezionamento dei prodotti durante le fasi di design e di ingegnerizzazione. Da un punto di vista della produzione invece, è possibile simulare i processi produttivi e di assemblaggio, in maniera del tutto virtuale, riducendo anche il margine d'errore. La tecnologia AR permette agli operatori, che siano essi addetti alla manutenzione o responsabili della produzione dei singoli pezzi, di poter avere una conoscenza approfondita del macchinario con il quale si trovano ad interagire e di poter svolgere azioni complesse senza dover ricordare ogni singolo passaggio, in maniera precisa e veloce.

Grazie alla digitalizzazione degli ambienti fisici e dei prodotti l'attività di manutenzione può avvenire da remoto, senza l'esigenza che ci sia una presenza fisica in campo.

Gli ambiti di applicazione della VR e dell'AR sono davvero molti, ed in crescita nel tempo; basti pensare ad attività quali la gestione dei rischi, la gestione del magazzino, l'automazione produttiva e la manutenzione come

detto precedentemente, il controllo qualità dei prodotti, o ad attività legate al settore consumer, di uso pubblico.

Ad ogni modo, tra i settori che traggono maggior vantaggio dall'utilizzo delle tecnologie AR e VR si riscontrano: aerospaziale, automobilistico, medico ed energetico.



*Figura 8: Augmented Reality in Manufacturing (Fonte Quaytech)*

#### *1.5.2.11 Wearable*

I Wearable sono dei dispositivi indossabili, definiti come un'estensione dell'Internet of Things. Tali oggetti vengono utilizzati per potenziare le capacità fisiche e mentali. Questi oggetti trovano ampia applicazione nell'ambito manifatturiero, apportando dei benefici non indifferenti. Attraverso i Wearable è possibile ottimizzare l'impiego della forza lavoro, infatti i Wearable sostituiscono i dispositivi per la certificazione della presenza sul posto di lavoro, permettono la localizzazione dei dipendenti in azienda e infine velocizzano l'invio di istruzioni per i compiti da eseguire. A loro volta i manager possono adottare questa tecnologia per ricevere informazioni in real time sul magazzino, sulle commesse in esecuzione e avere accesso agli indicatori di performance sulla produzione. Una seconda applicazione dei Wearable prevede la gestione degli "alert", ovvero tale tecnologia invia una notifica ogniqualvolta una macchina smette di funzionare o si presenta un guasto. Inoltre i Wearable possono acquisire

dati utili per prevenire gli incidenti sul lavoro misurando il respiro, la frequenza cardiaca, la postura etc. Dunque questa tecnologia rappresenta uno strumento efficace per incrementare l'efficienza e la sicurezza dei lavoratori all'interno delle Smart Factory.

## 1.6 Caratteristiche dell'Industria 4.0

Il paradigma economico in cui le imprese si muovono è ormai mutato rispetto al passato, lasciando spazio alle principali caratteristiche dell'Industry 4.0:

- Integrazione verticale tra tutti gli attori ad ogni livello della struttura gerarchica dell'azienda
- Integrazione orizzontale tra tutti i partner della supply chain
- Ingegneria end-to-end che lega tutte le fasi principali del Product Life Cycle
- Accelerazione dei processi produttivi attraverso l'applicazione di tecnologie esponenziali e l'integrazione tecnologica

### 1.6.1 Integrazione verticale

L'integrazione verticale si riferisce allo scambio di informazioni in maniera trasversale rispetto alla struttura gerarchica dell'azienda.

La digitalizzazione dei processi produttivi tipica dell'industria 4.0, conduce a sua volta ad uno scambio di informazioni più rapido e veloce, ed una comunicazione lineare lungo la catena del valore. Non esisterà più la classica catena del valore con confini definiti tra le funzioni direzionali e attività operative dell'azienda. (*Wischmann et al. 2015, p. 15*)

Ciò si traduce in un'agevolazione della comunicazione tra i vari reparti dell'azienda, riducendo i tempi che normalmente intercorrono tra la raccolta

dei dati, e la produzione di informazioni fondamentali per la presa di decisioni.

In questo contesto, dunque, gioca un ruolo fondamentale l'Internet of Things, il cui flusso di dati generato fornisce informazioni in tempo reale sull'andamento produttivo.

L'integrazione verticale dei reparti aziendali rende possibile disporre di strutture di produzione flessibili e riconfigurabili, che possono essere adattate ad ogni ordine specifico del cliente o addirittura alle mutevoli esigenze del mercato. Tali fattori consentono chiaramente ai produttori di rimanere competitivi in mercati altamente volatili e permetteranno loro di raggiungere una produzione rapida e senza difetti. (Stock & Seliger 2016, p. 536-541).

Attraverso l'integrazione verticale entra inoltre in gioco la possibilità di disporre di soluzioni che permettono la comunicazione tra macchine (Machine-to-Machine o M2M) oltre che l'integrazione con i servizi digitali di stabilimento (es. Sistema Gestionale o Manufacturing Execution System). I sistemi cyber-fisici, invece, permettono non solo la gestione autonoma della produzione ma anche della manutenzione. Materie prime, componenti e prodotti finiti possono essere localizzati ovunque e in qualsiasi momento. Tutte le fasi di lavorazione del processo di produzione vengono registrate automaticamente, e contemporaneamente vengono rilevate le difformità.

Inoltre le fabbriche intelligenti attraverso i sistemi cyber-fisici riescono a rispondere in modo rapido all'evoluzione della domanda, dei livelli di stock e ai guasti ai macchinari. Dunque, per riassumere, per integrazione verticale della catena del valore si intende una collaborazione osmotica tra le funzioni lungo la catena del valore, come mostra la figura in basso.

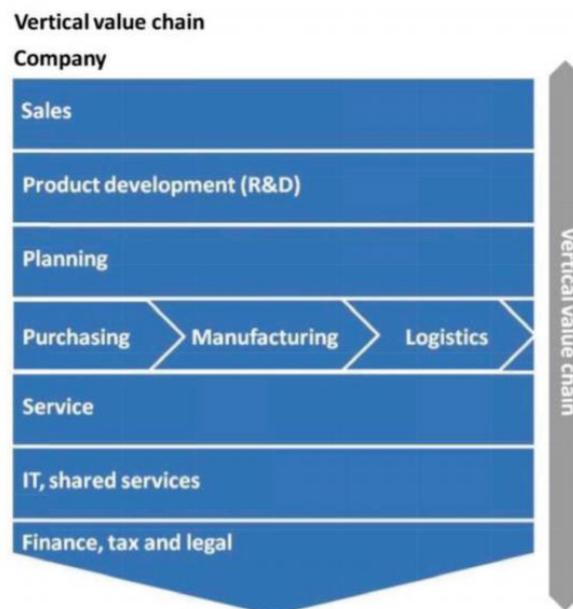


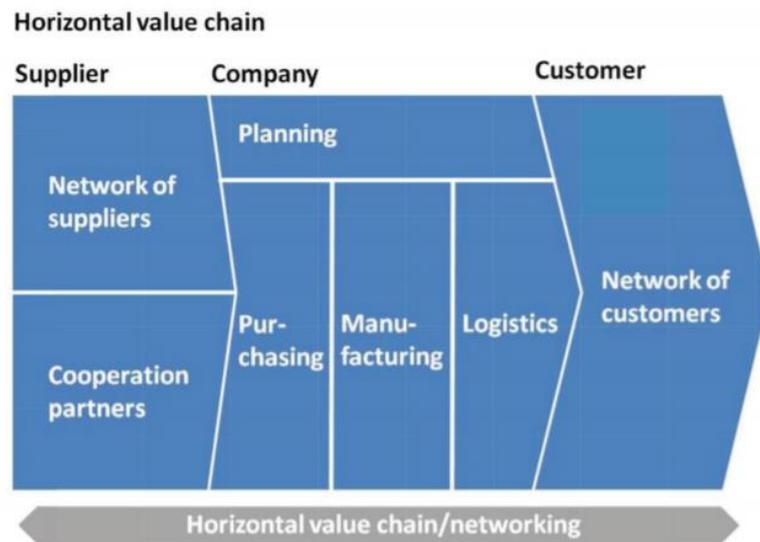
Figura 9: Vertical value chain (Fonte Own representation according to Koch et al. 2014, p. 17)

## 1.6.2 Integrazione Orizzontale

La seconda caratteristica principale dell'Industria 4.0 è la capacità di connettere e far collaborare tutte le risorse produttive, sia all'interno che all'esterno dello stabilimento produttivo. Dati e informazioni vengono sfruttati per trasformare il funzionamento di intere catene del valore, consentendo una crescente integrazione dell'azienda con le filiere di fornitura, a monte, e i clienti, a valle. Si generano così delle reti globali, dall'acquisto alla produzione alla vendita, o viceversa che vengono aggiornate in tempo reale ed offrono un elevato livello di trasparenza e flessibilità per poter rispondere più rapidamente all'evoluzione della domanda, dei livelli di stock e ai guasti ai macchinari. (Koch et al. 2014, p. 16). La storia di qualsiasi componente o prodotto viene registrata e può essere consultata in qualsiasi momento, garantendo una tracciabilità costante, concetto noto come "memoria di prodotto".

Questo tipo di integrazione orizzontale, sia dei partner commerciali che dei fornitori e dei clienti, può abilitare una rivisitazione anche profonda dei

modelli di business e degli approcci al mercato rappresentando una sfida per tutti i soggetti coinvolti.



*Figura 10: Horizontal value chain (Fonte Own representation according to Koch et al. 2014, p. 17)*

### 1.6.3 Ingegnerizzazione End-to-end

La terza caratteristica dell'Industry 4.0 è l'ingegnerizzazione End-to-End lungo l'intera catena del valore.

Il focus dell'ingegneria End-to-End è l'intero PLC: dall'approvvigionamento delle materie prime, all'utilizzo del prodotto, fino al suo termine di vita (Stock & End of life). Gli impianti 4.0 infatti, sono caratterizzati dalla digitalizzazione di tutte le fasi del ciclo di vita di un prodotto che rende dati ed informazioni disponibili simultaneamente lungo la catena del valore. Tali dati e informazioni permettono di monitorare l'evoluzione nel tempo di un prodotto ed eventualmente intervenire se si rilevano difformità.

Infine è necessario specificare che senza l'integrazione orizzontale e verticale non può verificarsi l'ingegnerizzazione End-to-End.

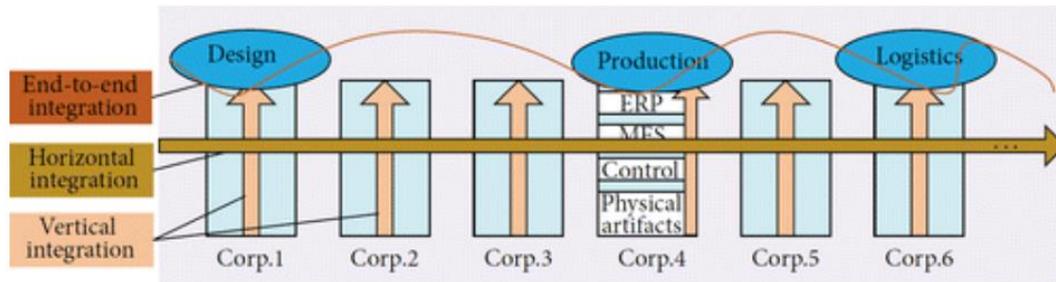


Figura 11: Illustration of three kind of integration and their relationship. (Fonte Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook)

### 1.6.4 Integrazione Tecnologica

La quarta caratteristica principale dell'Industria 4.0 risiede nell'impatto delle tecnologie esponenziali come accelerante o catalizzatore che permette flessibilità e risparmio sui costi nei processi industriali. Ad esempio, l'Intelligenza Artificiale non solo può aiutare a risparmiare tempo e ridurre i costi nella gestione della Supply Chain Management (SCM), aumentare l'affidabilità nella produzione o analizzare grandi dati, ma può anche contribuire a nuove soluzioni di costruzione e progettazione o migliorare la cooperazione tra l'uomo e le macchine fino al punto di servizio.

Un esempio lampante di una tecnologia esponenziale che sta accelerando l'Industria 4.0 e rendendola più flessibile è la stampa 3D (Additive Manufacturing). La stampa 3D consente nuove soluzioni di produzione (ad es. funzionalità, maggiore complessità senza costi aggiuntivi) o nuove soluzioni per la Supply Chain (ad es. riduzione delle scorte, tempi di consegna più rapidi), o una combinazione di entrambe che portano a nuovi modelli di business dirompenti (ad es. disintermediazione dei membri della supply chain, integrazione con i clienti).

Inoltre, un'altra caratteristica dell'Industria 4.0 che contribuisce ad un'accelerazione dei tempi in fabbrica, consiste nell'*integrazione digitale*. Una Smart Factory utilizza macchinari, componenti ed interfacce diverse, che devono essere integrate dunque in modo coerente. Ciò avviene anche

attraverso i CPS, che accelerano la comunicazione rendendola digitale piuttosto che fisica.

## 2. Digital Twin

### 2.1 Introduzione al concetto di Digital Twin

Nell'economia moderna, caratterizzata da nuove sfide quali la personalizzazione di massa dei prodotti, ed una crescente importanza dei componenti software, la digitalizzazione dei sistemi produttivi è vista come un trampolino di lancio al fine di raggiungere livelli più elevati di produttività (*Uhlemann et al 2017b*).

Le tecnologie digitali, note anche come tecnologie Industry 4.0, consentono una facile integrazione di componenti intelligenti interconnessi. (*Negri et al. 2017*) Queste tecnologie consentono inoltre un monitoraggio ed un controllo a distanza, in tempo reale, dei dispositivi e degli elementi di produzione cyber fisici attraverso le infrastrutture di rete, fornendo dunque un'integrazione ed una sincronizzazione più dirette dal mondo fisico a quello virtuale (*Negri et al. 2017, Lee et al. 2015*).

L'utilizzo di tecnologie digitali ha permesso una pianificazione virtuale strategica di prodotti e processi. Le grandi quantità di dati che ne derivano, vengono elaborate, analizzate e valutate con strumenti di simulazione con l'obiettivo di poterli rendere ugualmente disponibili in tempo reale (*Boschert, Rosen 2016*). È da qui che nasce il concetto di Digital Twin.

Per Digital Twin si intende dunque la controparte virtuale e computerizzata di un sistema fisico. Un Digital Twin può essere utilizzato per vari scopi, sfruttando una sincronizzazione in tempo reale di dati, ed è in grado di decidere tra un insieme di azioni allo scopo di orchestrare ed eseguire l'intero processo produttivo in modo ottimale (*Negri et al. 2017; Uhlemann et al. 2017b; Rosen et al. 2015*). Inoltre, sulla base dei dati attuali e storici del Digital Twin, è possibile, ad esempio, prevedere il comportamento futuro (*Sivalingam et al. 2018*), eseguire simulazioni (*Ayani et al. 2018*), e

monitorare il prodotto (*Dröder et al. 2018*), consentendo di recepire tempestivamente eventuali difformità di funzionamento tra l'entità virtuale e quella fisica, ed agire dunque tempestivamente.

Tutto ciò si traduce ovviamente in maggiore efficienza, precisione e vantaggi economici nella produzione (*Negri et al. 2017*), creando dunque grandi opportunità per i modelli di business (*Klostermeier et al. 2018*) servizi (*Tao e Zhang 2017*) e prodotti intelligenti (*Abramovici et al. 2017*).

Il concetto di Digital Twin è stato concepito come metodo per prevedere il comportamento strutturale di un aeromobile, analizzando e simulando il comportamento del velivolo sul suo modello digitale nel 2011 (*E.J. Tuegel, A.R. Ingraffea, T.G. Eason, S.M. Spottswood 2011*).

A sostegno di tale definizione, un'azienda che ha utilizzato la tecnologia Digital Twin a sostegno del suo core business è stata la Boeing che, a partire dai miglioramenti ottenuti con il modello 777, punta a digitalizzare tutto il sistema di engineering. Grazie dunque all'utilizzo di tale sistema, è possibile analizzare dati su altitudine e velocità, raccolti direttamente dal Digital Twin, convertendoli in informazioni utili per i piloti nella cabina di pilotaggio. In questo modo, la Boeing riduce costi e tempi di sviluppo di software per la raccolta e l'elaborazione dei dati. Le informazioni inoltre vengono aggiornate in tempo quasi reale, generando una più puntuale predizione dell'errore.



*Figura 11: Rappresentazione dei gemelli fisico e reale (Fonte Koon, 2019)*

## 2.2 Evoluzione del Digital Twin

La prima definizione di un concetto oggi conosciuto come Digital Twin è stata fatta nel 2002 da Michael Grieves, nel contesto di una presentazione riguardante il ciclo di vita del Product Life Cycle Management: si tratta di un approccio strategico per la gestione di tutte le informazioni, risorse e processi che intervengono nelle varie fasi del ciclo di vita di un prodotto o servizio, dall'ideazione fino al declino.

Il Digital Twin secondo la definizione di Grieves (2016), si compone dunque di tre parti principali, come è possibile notare nella figura in basso: il prodotto fisico, il prodotto virtuale e la connessione tra il prodotto fisico e quello virtuale.

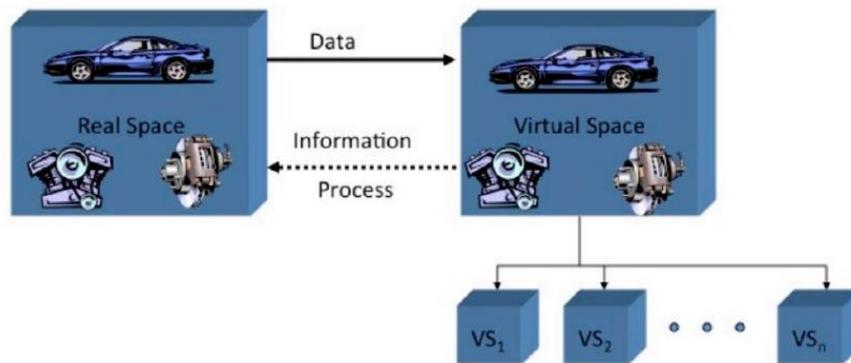


Figura 12: Conceptual Ideal for PLM (Fonte M. Grieves e J. Vickers, «Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems»)

Anche se per convenzione comune il concetto si fa risalire al 2002, le prime allusioni ad esso risalgono agli anni '60, in merito alla celebre missione APOLLO 13 lanciata dalla Aeronautics and Space Administration (NASA). Nel 2010, a causa del mancato allunaggio, in seguito ad un incendio che recò gravi danni agli equipaggiamenti, gli scienziati si ritrovarono a dover risolvere problemi a più di 300.000 km di distanza dalla terra. Venne creato dunque un Digital Twin, gemello della navicella, utilizzato per simulare diversi scenari sulla terra allo scopo di supportare gli astronauti nella realizzazione di decisioni in situazioni critiche.

Il termine Digital Twin appare dunque per la prima volta in una pubblicazione della NASA che ne fornisce la seguente definizione:

*“Una simulazione ultra-realistica ad alta scalabilità, che utilizza i migliori modelli fisici disponibili, i dati dei sensori e quelli storici per il mirroring di uno o più sistemi reali” (NASA, 2010.)*

Secondo la NASA, le principali funzioni del DT si riassumono in:

- Predizione: vengono effettuate analisi di tipo predittivo mentre il sistema è in funzione.

- Sicurezza: il monitoraggio e controllo costante del sistema garantisce la sicurezza dello stesso.
- Diagnosi: il sistema analizza eventuali perturbazioni non predette.

Il Digital Twin nella sua forma originale è descritto come un costrutto informativo digitale su un sistema fisico, creato come entità a sé stante e collegato al sistema fisico in questione. La rappresentazione digitale dovrebbe includere in modo ottimale tutte le informazioni riguardanti l'asset del sistema che potrebbero essere potenzialmente ottenute da un'ispezione approfondita nel mondo reale. (Grieves, Vickers 2017)

Inoltre, una definizione più dettagliata e ampiamente riconosciuta nel campo della ricerca è data da Glaessgen, Stargel (2012): *"il gemello digitale è una simulazione integrata multifisica, multiscala e probabilistica di un prodotto complesso e utilizza i migliori modelli fisici disponibili, aggiornamenti dei sensori, ecc. per rispecchiare la vita del gemello corrispondente"*. (Tao et al. 2017)

Il Digital Twin in origine descrive il "riflesso" di un prodotto, ed allo stesso tempo i processi (produzione, generazione di energia, ecc.) sono anche soggetti ad una riproduzione virtuale dello spazio ("gemellaggio"). I gemelli digitali sono dunque più che semplici dati puri, includono algoritmi, che descrivono la loro controparte reale e decidono l'azione nel sistema di produzione sulla base di questi dati elaborati. (Kuhn 2017; Boschert, Rosen 2016; Rosen et al. 2015).

Infine, da un punto di vista stretto della produzione, ed in particolare nell'attuale paradigma dei sistemi di produzione Industry 4.0, il Digital Twin è definito come una rappresentazione orientata di dati di tutti gli elementi di un sistema produttivo, del flusso di materiale, del flusso di valore e delle risorse umane. Questa rappresentazione è connessa ai rispettivi elementi fisici attraverso sensori, attuatori e sistemi di comunicazione, al fine di supportare il concetto di sistema cyber-fisico di produzione. (Kunath et al 2018)

Dunque riassumendo, il Digital Twin secondo la definizione di Grieves, si compone di tre parti principali:

- *prodotto fisico*
- *il prodotto virtuale*
- *connessione* tra il prodotto fisico e quello virtuale.

## 2.3 Analisi della letteratura sul Digital Twin

Il seguente capitolo sarà incentrato sullo studio della letteratura esistente nell'ambito del Digital Twin, e nello specifico si concentrerà sulle applicazioni della tecnologia nell'industria manifatturiera. L'obiettivo è quello di offrire una rassegna delle ricerche condotte negli ultimi anni, valutare la maturità del paradigma, investigare il grado di applicabilità alle PMI. Verrà offerta una panoramica olistica dello stadio di sviluppo del digital twin nei singoli Case Study, delle fasi del PLC in cui viene coinvolto, delle tecnologie che lo abilitano, e dei portatori di interesse nei suoi confronti. La documentazione utilizzata nella seguente review è stata selezionata dai database di Scopus e Google Scholar utilizzando la parola chiave: "Digital Twin in manufacturing", e consta di 60 articoli pubblicati tra il 2017 e il 2019. I documenti trovati, sono stati analizzati per contenuto e classificati in base alle seguenti dimensioni:

- Stadio di sviluppo
- Aree applicative
- Tecnologie chiave
- Stakeholders

### 2.3.1 Stadio di Sviluppo

Il processo di sviluppo ed introduzione del Digital Twin nell'industria manifatturiera è stato lento. Nella letteratura vengono individuati tre stadi di maturità del paradigma che ne contraddistinguono l'evoluzione, che differiscono nel livello di interazione tra l'oggetto fisico e la controparte digitale.

#### 2.3.1.1 Digital Model

Il primo stadio di sviluppo del Digital Twin viene indicato con il nome Digital Model. Come si evince dalla figura in basso, nel Digital Model non esiste connessione tra l'oggetto fisico e l'oggetto digitale, e lo scambio di dati tra lo spazio reale e lo spazio virtuale avviene per mezzo di un operatore. Dunque, questi modelli non consentono l'interazione con la realtà e per ottenere informazioni rilevanti, è necessario ricostruire manualmente uno schema dello spazio reale. Il Digital Model viene impiegato per supportare il processo decisionale durante lo sviluppo di nuovi prodotti, quando ancora non esiste l'oggetto fisico, ma viene creata una sua rappresentazione digitale allo scopo di mitigare possibili problemi tecnici. Affinché i risultati ottenuti siano affidabili, il Digital Model deve essere aggiornato periodicamente in funzione degli ultimi dati disponibili. In queste circostanze un cambiamento di stato dell'entità fisica, non ha nessun effetto diretto sulla sua rappresentazione digitale e viceversa.

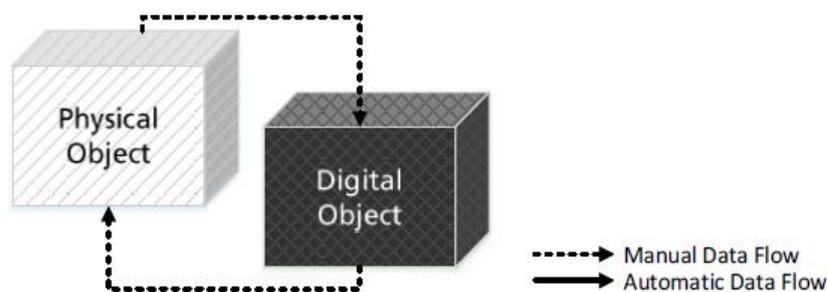


Figura 13: Data Flow in a Digital Model (Fonte ELSEVIER)

### 2.3.1.2 Digital Shadow

Il secondo stadio di sviluppo del digital twin viene chiamato Digital Shadow. In questo modello è prevista una connessione unidirezionale tra l'entità fisica e la sua controparte digitale. Questo significa che il passaggio di dati dall'oggetto fisico all'oggetto digitale viene automatizzato, sebbene quello dall'oggetto digitale all'oggetto fisico rimanga manuale. Una connessione unidirezionale può essere utilizzata per riflettere lo stato dell'entità fisica nella controparte digitale. L'oggetto digitale è in grado di acquisire dati in real time dallo spazio reale che sfrutta per simulare ed esaminare il comportamento dell'oggetto fisico. In queste circostanze, un cambiamento di stato dell'oggetto fisico porta ad un cambiamento di stato dell'oggetto digitale, ma non viceversa.

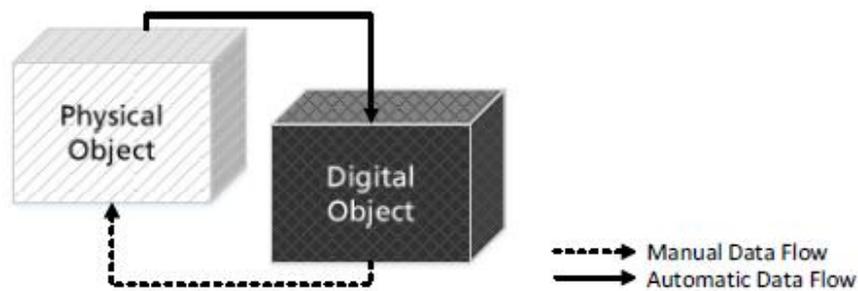


Figura 14: Data Flow in a Shadow Mode (Fonte ELSEVIER)

### 2.3.1.3 Digital Twin

È nello stadio di sviluppo successivo al Digital Shadow che la tecnologia prende il nome di Digital Twin. In questo stadio la rappresentazione digitale e l'oggetto fisico sono connessi, non è richiesto l'intervento umano, e la condivisione dei dati avviene automaticamente in entrambe le direzioni. Si assiste all'integrazione dei due mondi, e la rappresentazione digitale viene utilizzata come strumento per il controllo dell'oggetto fisico. In queste circostanze, un cambiamento di stato dell'oggetto fisico porta direttamente ad un cambiamento di stato dell'oggetto digitale e viceversa.

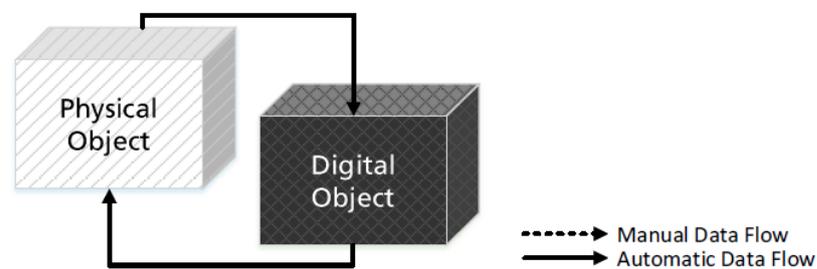


Figura 15: Data Flow in a Digital Twin (Fonte ELSEVIER)

## 2.3.2 Aree applicative

Percorrendo la letteratura si riscontrano quattro diverse aree applicative del Digital Twin. In base al settore merceologico di appartenenza, alla tipologia di macchinari posseduti e ai processi produttivi che la caratterizzano, un'azienda può adottare la tecnologia digital twin durante una fase, o più fasi, o estendere il suo utilizzo a tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto.

### *2.3.2.1 Fase di Design*

Il Digital Twin viene utilizzato a supporto della fase di concettualizzazione di un nuovo prodotto. Il concept di un nuovo prodotto viene realizzato secondo esigenze dettate dall'utenza e dai gusti personali del cliente finale. Il Digital Twin, in questa fase, acquisisce le informazioni necessarie ad individuare le caratteristiche richieste dal mercato, in termini di estetica e funzionalità del prodotto. Dunque l'azienda impiega il Digital Twin per verificare se il design e le task previsti rispettano adeguatamente le necessità dell'utente. Inoltre il Digital Twin può ottenere ulteriori informazioni che riguardano problematiche riscontrate nei prodotti già in commercio, allo scopo di correggerle nei nuovi prodotti. Il Digital Twin, applicato alla fase di design, apporta dei vantaggi in termini di soddisfazione del cliente finale e riduzione del time to market.

### *2.3.2.2 Fase di Ingegnerizzazione*

Il Digital Twin viene utilizzato nella fase di ingegnerizzazione. Infatti, durante lo sviluppo di un nuovo prodotto, emergono molti interrogativi, ad esempio su quali caratteri strutturali o morfologici potrebbero ottimizzarne il funzionamento. Il Digital Twin fornisce delle risposte ben definite, riproducendo le condizioni operative del prodotto ogni qualvolta si realizzi una modifica nella sua configurazione. Grazie al DT non è necessario dover creare un prototipo fisico a ciascuna iterazione.

### *2.3.2.3 Fase operativa*

Il Digital Twin viene utilizzato per assistere la fase di produzione. Infatti l'applicazione del DT durante questa fase permette l'adattamento continuo a eventi imprevisti e anomalie nel processo produttivo. In altre parole, attraverso la rappresentazione virtuale del processo produttivo, è possibile prevedere guasti o malfunzionamenti, così da correggerli prima che incidano sugli obiettivi di produzione. Inoltre, possono essere simulati scenari di miglioramento, regolando i parametri lungo la linea di produzione digitale, successivamente le simulazioni di successo vengono implementate nella linea reale.

### *2.3.2.4 Assistenza ai clienti*

Il Digital Twin viene utilizzato posteriormente alla vendita di un prodotto, per offrire un miglior servizio di assistenza al cliente. Infatti il DT consente il monitoraggio e la diagnostica a distanza dei prodotti commercializzati. Utilizzando il DT è possibile osservare il cambiamento che il prodotto fisico subisce nel tempo, e poter intervenire in real time nel caso in cui dovesse sussistere un problema funzionale. In alcune circostanze viene posto rimedio al problema da remoto; il produttore potrebbe installare degli aggiornamenti software sul sistema centrale del prodotto fisico, attraverso la sua copia virtuale, in altre è richiesta la presenza di un tecnico. Inoltre, la conoscenza del comportamento dei prodotti presenti nel mondo reale, può essere sfruttata nello sviluppo dei nuovi prodotti. Le prestazioni riscontrate durante l'utilizzo del prodotto fisico da parte dei clienti vengono proiettate sul suo gemello digitale, per poi incidere nelle fasi di design e ingegnerizzazione al fine di incrementare i margini, la customer experience e le quote di mercato.

### 2.3.3 Tecnologie chiave

L'insieme di tecnologie utilizzate per l'implementazione del Digital Twin si basano sulla connettività, sulla digitalizzazione e sull'intelligenza artificiale.

#### *2.3.3.1 Connettività*

Per instaurare una connessione tra il sistema fisico e quello digitale è fondamentale l'utilizzo dell'Internet of Things che raccoglie i dati precedentemente acquisiti dai Smart Sensors e li trasferisce dal mondo reale a quello virtuale in Cloud. In fine, vengono adottate logiche di Big Data Analytics per analizzare gli andamenti significativi dei dati. Queste tecnologie forniscono informazioni sul comportamento dell'oggetto fisico nell'ambiente operativo, migliorando la capacità di intervenire tempestivamente, qualora si riscontri un malfunzionamento. L'obiettivo è quello di prendere decisioni informate che possano potenzialmente portare alla creazione di sistemi efficaci, all'ottimizzazione delle operazioni di produzione e a nuovi modelli di business.

#### *2.3.3.2 Digitalizzazione*

Le rappresentazioni digitali vengono realizzate attraverso dei modelli di simulazione (discrete Event Simulation e Agent-Based Model). I modelli di simulazione riproducono l'evoluzione nel tempo dell'oggetto fisico, e nello specifico ne ricreano il comportamento e ne verificano la funzionalità e l'efficienza per proporre degli scenari di miglioramento. In concreto, questi modelli valutano i diversi risultati conseguibili al variare di uno o più parametri e decidono, tra le varie soluzioni possibili, quella che può essere considerata come la migliore e quindi applicabile all'oggetto fisico. Analogamente ai modelli di simulazione, è possibile impiegare dei modelli basati sui dati (Data-Driven Modeling), allo scopo di definire il lato "digitale" del Digital Twin. I Data Driven Model, diversamente dai Simulation model, adottano logiche matematiche e statistiche per rappresentare gli oggetti o processi fisici. Nello specifico i modelli matematici e statistici vengono utilizzati per interpretare i dati raccolti dall'ambiente operativo allo scopo

di prevedere il comportamento dell'oggetto fisico e prendere decisioni informate.

### *2.3.3.3 Intelligenza Artificiale*

L'AI e il Machine Learning valutano i dati provenienti dallo spazio reale in real time, e li integrano con funzionalità analitiche avanzate, per correggere il comportamento dell'oggetto fisico, o fornire previsioni atte ad ottimizzarne la performance, senza supervisione umana. Nel momento in cui una decisione deve essere implementata, subentrano gli attuatori che riproducono l'azione richiesta.

### 2.3.4 Stakeholders

Con stakeholders si indicano tutti gli individui o gruppi che hanno un interesse nei confronti del paradigma Digital Twin. Durante l'analisi della letteratura, vengono individuate 4 categorie di portatori di interesse:

- Grandi imprese
- Piccole e medie imprese
- Università/Studenti
- Ricercatori
- Impiegati
- Fornitori
- Clienti

## 2.4 Analisi della letteratura sul Digital Twin: Risultati

Come precedentemente commentato, i 60 documenti scelti sono stati pubblicati tra il 2017 e il 2019. Il 2019, sebbene non si sia ancora concluso, è l'anno che presenta il maggior numero di pubblicazioni, seguito dal 2018 ed in fine dal 2017. In quest'analisi sono stati selezionati 35 documenti pubblicati nel 2019, 18 pubblicati nel 2018, e 7 pubblicati nel 2017.

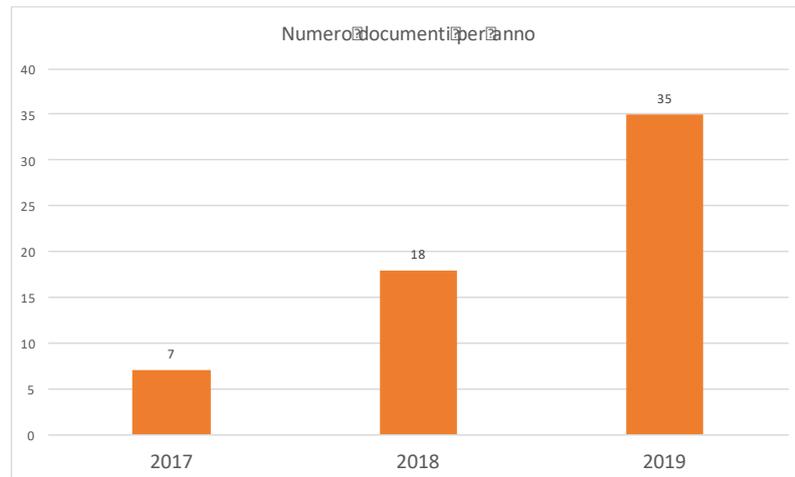


Figura 16: Numero documenti per anno (Elaborazione propria)

Nelle pubblicazioni selezionate, il tipo di documento che si predilige è il Conference paper (30), al secondo posto c'è Article (18), al terzo Book Chapter (11) e infine Conference Review (1).

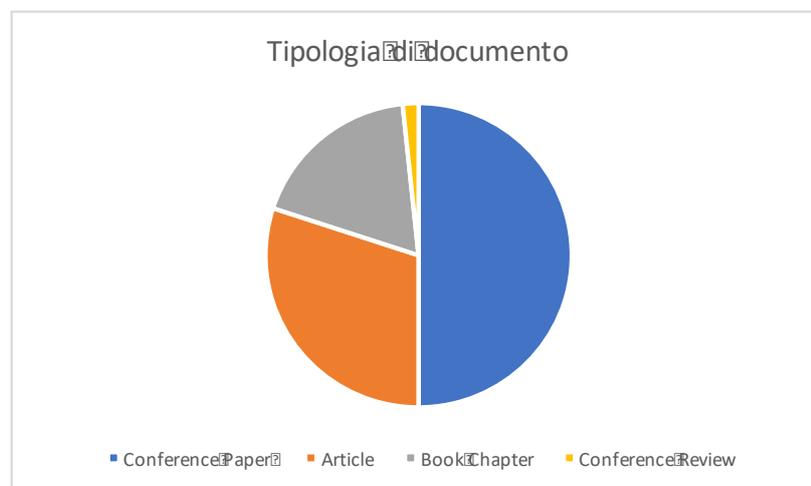


Figura 17: tipologia di documento (Elaborazione propria)

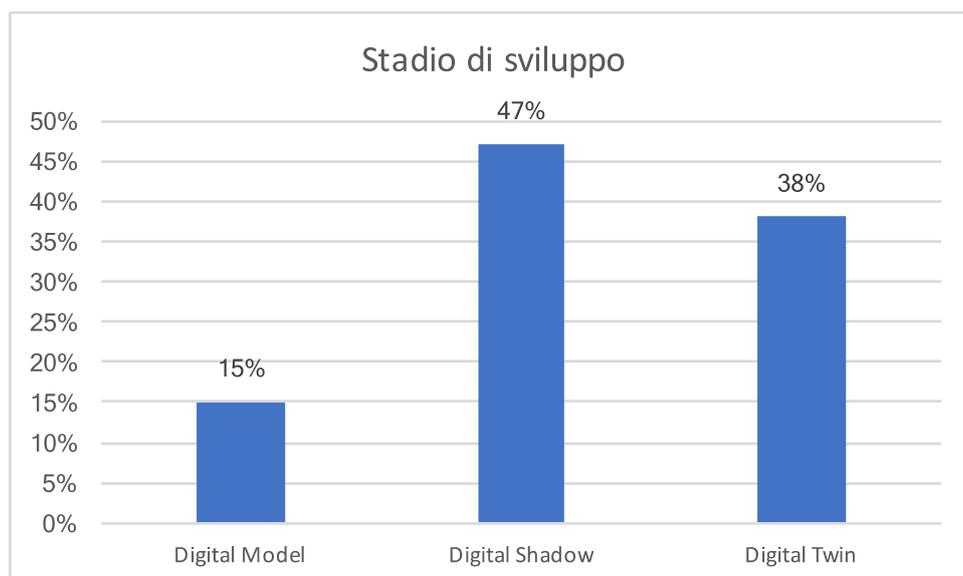
Il 55% delle pubblicazioni analizzate vengono categorizzate come Case Study, in cui l'attenzione degli articoli si concentra principalmente sulla descrizione dei casi di applicazione reale e sulla discussione dei loro risultati, invece il 45 % è di tipo concettuale/teorico.

I gruppi maggiormente impegnati nell'attività di ricerca del Digital Twin sono:

1. Beihang University
2. Chalmers University of Technology
3. Ministry of Education China
4. University of Auckland
5. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen.

## 2.4.1 Stadi di Sviluppo

Dall'analisi della letteratura emerge che il 15% delle pubblicazioni descrive concetti e applicazioni relative al Digital Model. Il 47% delle pubblicazioni fa riferimento alle logiche di trasferimento unidirezionale dei dati del Digital Shadow e infine il restante 38% della documentazione si focalizza sul Digital Twin (trasferimento bidirezionale dei dati).



*Figura 18: Stadio di sviluppo (Elaborazione propria)*

Nel grafico sottostante vengono messi in relazione gli stadi di sviluppo del digital twin negli anni 2017, 2018, 2019. È possibile osservare che i documenti pubblicati nel 2017 trattano principalmente del primo e del secondo stadio di sviluppo del Digital Twin. Nel 2018, la maggior parte dei documenti si basa sull'analisi di concetti ed implementazioni relativi al Digital Shadow. Infine, si evince che nel 2019, l'ultimo stadio di sviluppo del Digital Twin predomina nelle pubblicazioni di quell'anno.

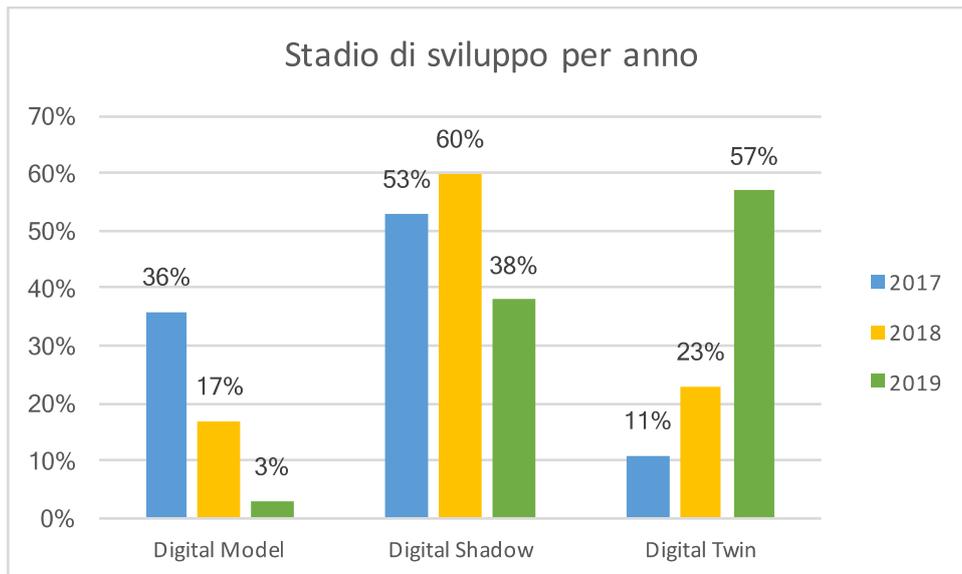


Figura 19: Stadio di sviluppo per anno (Elaborazione propria)

## 2.4.2 Aree Applicative

Per ciò che concerne le aree applicative è possibile fare le seguenti deduzioni: nel 64 % dei documenti il Digital Twin viene impiegato durante le fasi di design, nel 60% durante la fase di ingegnerizzazione, nel 51% durante la fase operativa, nell'8% durante la fase di assistenza ai clienti. Il 5 % dei documenti vede il digital twin applicato all'intero ciclo di vita del prodotto.

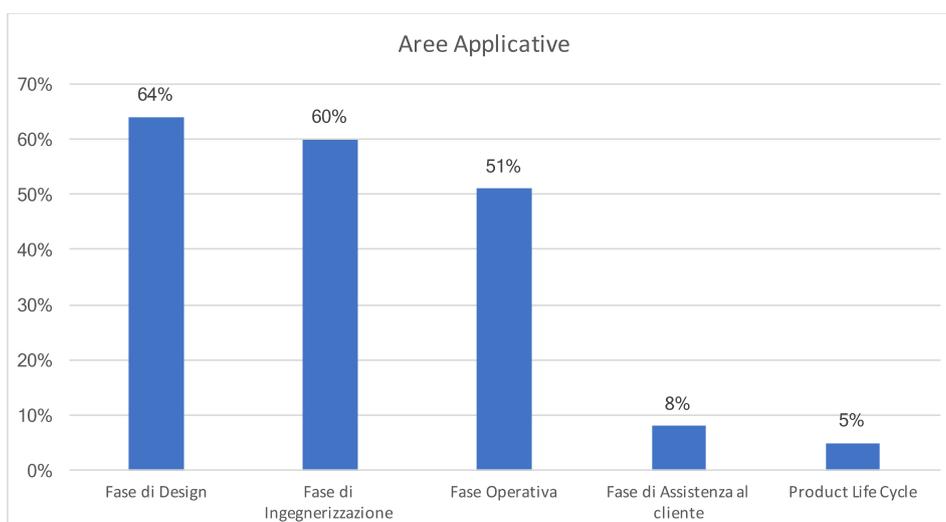
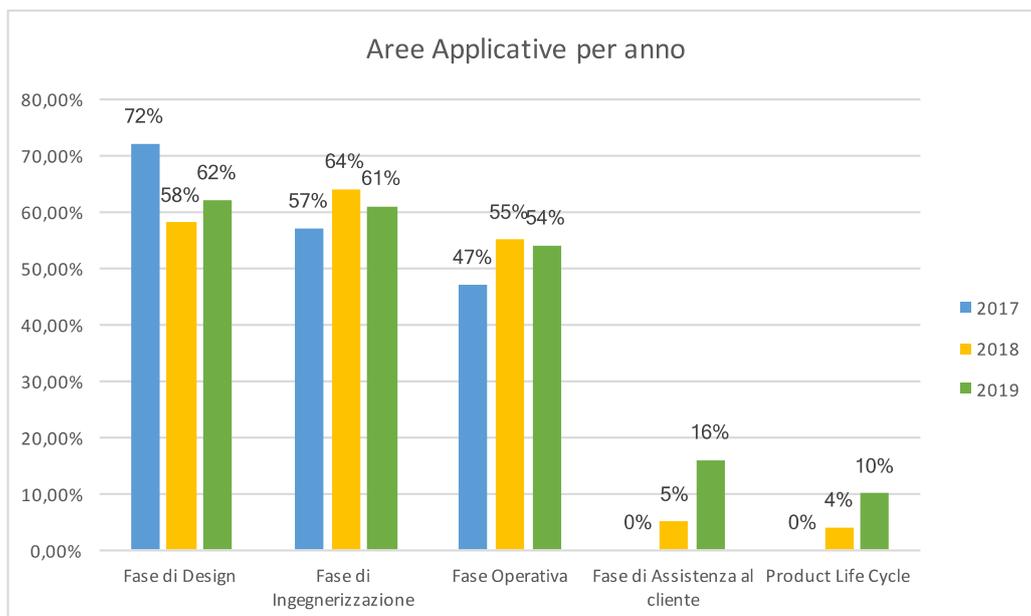


Figura 20: Aree applicative (Elaborazione propria)

Nel grafico in basso, viene evidenziato un confronto delle aree di applicazione del Digital Twin durante gli anni. È possibile desumere che, nel 2017, il Digital Twin veniva impiegato maggiormente nella fase di design, nella fase di ingegnerizzazione e nella fase operativa. Soltanto a partire dal 2018 si riscontrano le prime applicazioni del Digital Twin a supporto della fase di assistenza al cliente e dell'intero PLC. Nel 2019, la percentuale di documenti che vede il Digital Twin applicato alla fase di design subisce un decremento. Al contrario, le percentuali relative alle fasi di assistenza al cliente e Product Life Cycle continuano a crescere. Infine, le fasi di ingegnerizzazione e operativa presentano un andamento pressoché costante passando dal 2018 al 2019.



*Figura 21: Aree applicative per anno (Elaborazione propria)*

### 2.4.3 Tecnologie chiave

La tecnologia utilizzata con più frequenza per l'implementazione del digital twin nella letteratura analizzata risulta essere l'Iot, citata nel 67% dei documenti. All'Iot seguono: Big Data Analytics (59%), Simulation modeling 50%, Cloud computing (43%), Data driven modeling (44%), Artificial Intelligence (25) e machine learning (20%).

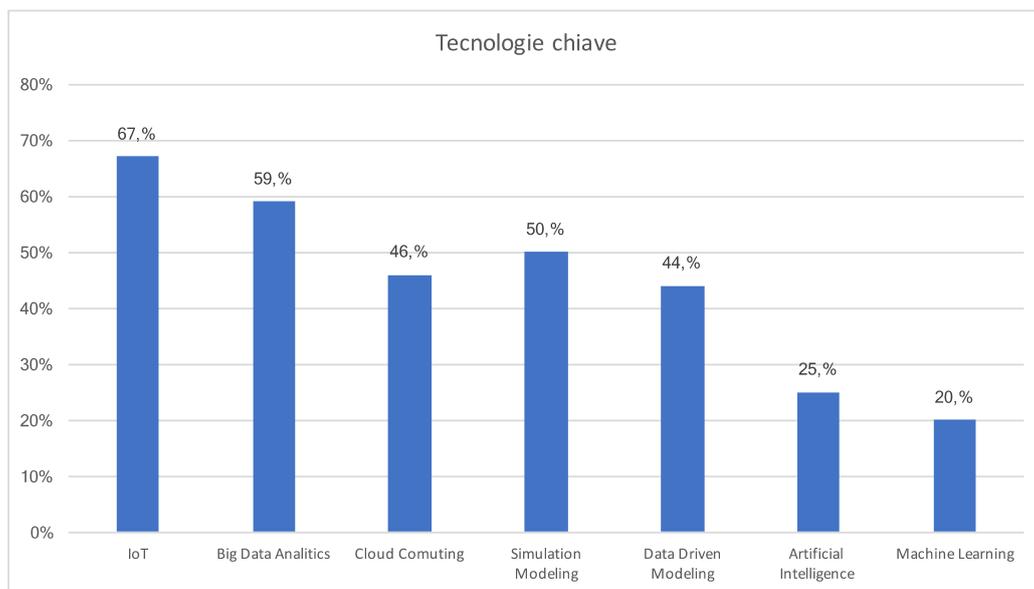


Figura 22: Tecnologie chiave (Elaborazione propria)

Nella figura sottostante vengono messe in relazione le tecnologie chiave negli anni 2017, 2018 e 2019. Si osserva che le percentuali di impiego di tecnologie quali Cloud Computing e Big Data Analytics sono rimaste pressoché uguali durante gli anni. Si riscontra un trend di crescita nell'utilizzo delle tecnologie Iot, Data Driven Model. Di particolare interesse risulta l'incremento radicale subito dall'Artificial Intelligence e dal Machine learning durante gli anni. Infine si nota un decremento nell'applicazione del Simulation Modeling e del big data analytics per l'implementazione del Digital twin.

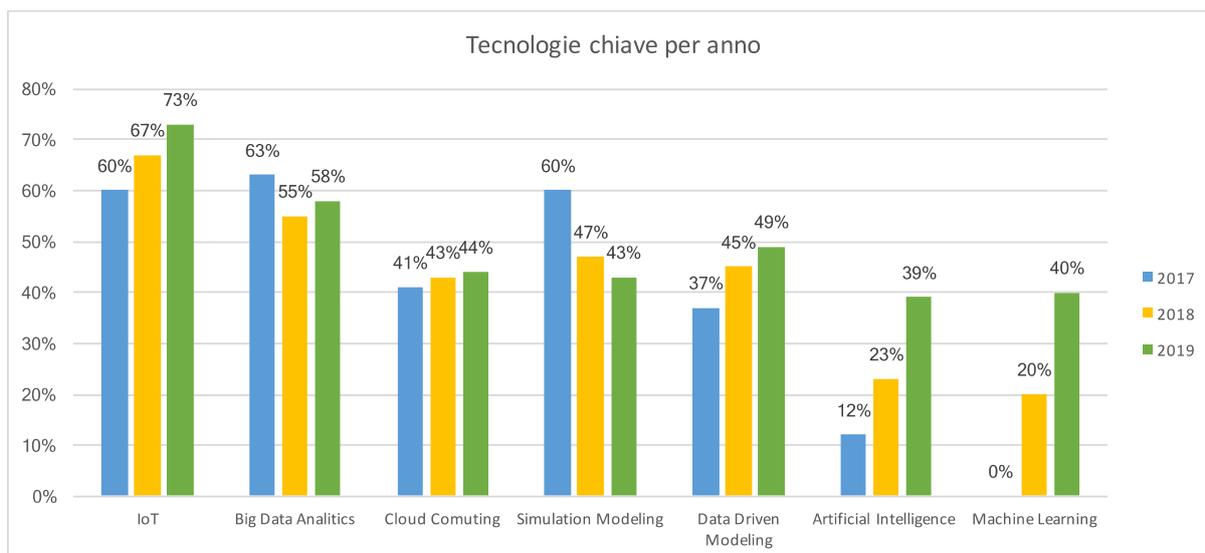


Figura 23: Tecnologie chiave per anno (Elaborazione propria)

## 2.4.4 Stakeholders

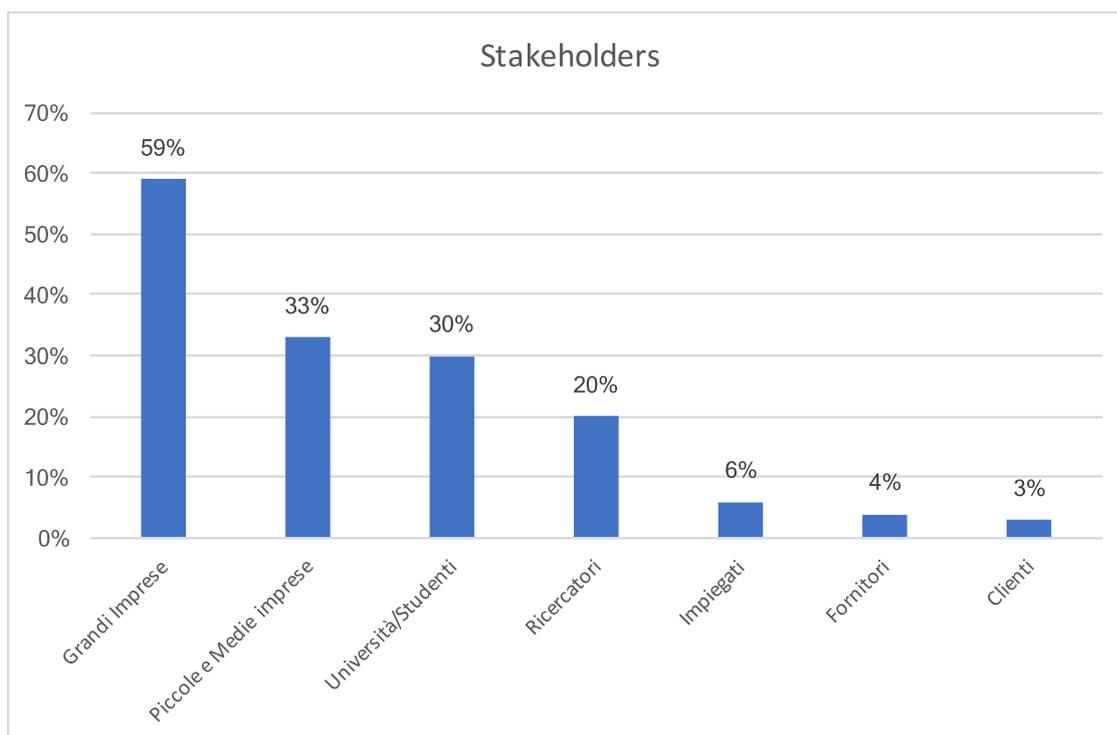
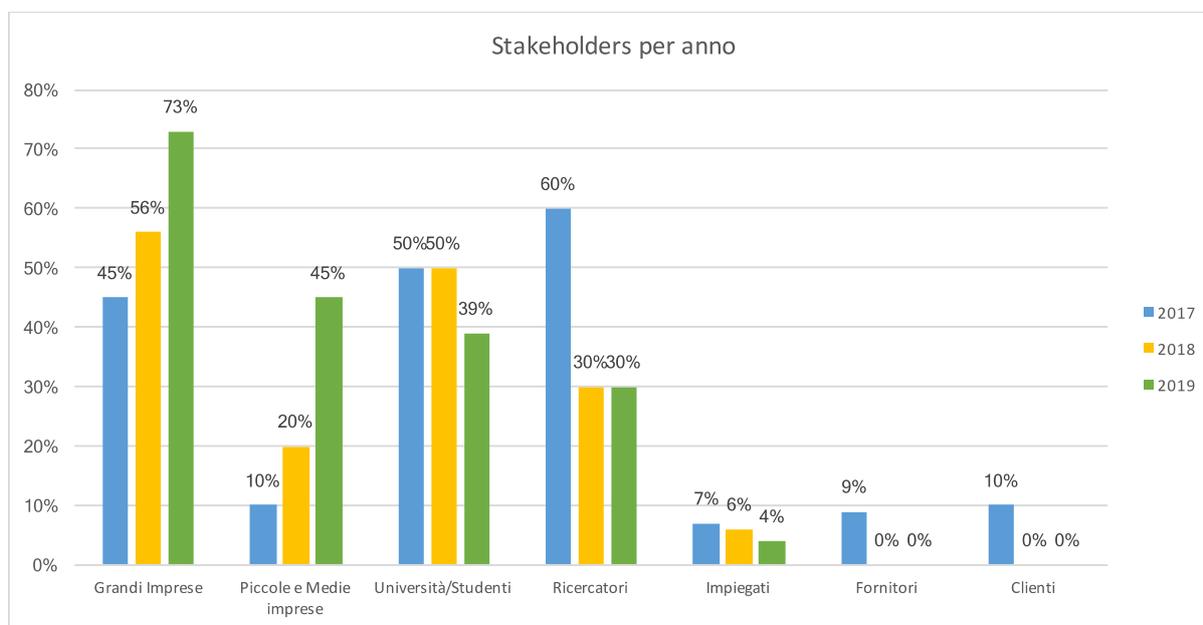


Figura 24: Stakeholders (Elaborazione propria)

Il principale portatore di interesse nei confronti del Digital Twin risulta essere la grande impresa (59%), che possiede i fondi necessari per la sua implementazione, al secondo posto si posiziona la piccola e media impresa

(33%) che utilizza la tecnologia per garantirsi un competitive advantage. Le università, gli studenti e i ricercatori figurano al terzo posto tra gli stakeholders in quanto autori di scritti prettamente teorici e poco applicativi. Gli impiegati, i fornitori e i clienti si classificano ultimi con una percentuale inferiore al 15%.



*Figura 25: Stakeholders per anno (Elaborazione propria)*

Il confronto tra 2017, 2018 e 2019 mostra che l'impiego del Digital Twin da parte di grande imprese e PMI è ogni anno più diffuso. Università e Ricercatori figuravano tra gli stakeholder principali nel 2017, dal momento che in quegli anni, essendo ancora una tecnologia emergente all'alba dei suoi sviluppi, lo studio del Digital Twin era oggetto di grande interesse teorico più che pratico. È infatti nel 2019 che la situazione si ribalta, lasciando largo spazio invece a quelle che sono grandi, piccole e medie imprese, che si cimentano nell'implementazione della tecnologia a supporto del loro business.

## 2.2 Casi di Applicazione

Questo capitolo è interamente dedicato alla raccolta di documenti che vedono protagonista le principali applicazioni delle tecnologie chiave in ambito Industry 4.0. I documenti trattano casi reali, o in corso d'opera, con l'obiettivo di mostrare l'attuale stato dell'arte, cercando al contempo di coprire il maggior numero di industry: dall' arte e cultura, al retail, a dimostrazione del fatto che le misure prese in atto dal Piano Impresa 4.0 stanno generando risultati positivi con ottime potenzialità di ulteriore sviluppo. I casi di seguito raccolti, sono prevalentemente tratti dalle seguenti fonti: Industria 4.0 senza Slogan, T4SM, Libelium, Tenenga.

Caso studio	Breve descrizione	Tecnologie coinvolte	Settore Merceologico	Area Applicativa	Stakeholders
1	Dotare i macchinari di un sistema di manutenzione predittiva al fine di minimizzare gli errori o le perdite di tempo causati dai fermi macchina, allungandone la vita utile.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensori per la raccolta dei dati dai macchinari</li> <li>- Software di concentrazione dati</li> <li>- Software di collezione dati su piattaforma proprietaria</li> <li>- Database in Cloud</li> </ul>	Manifattura	Fase Operativa	PMI
2	Le tecnologie semantiche permettono di agilizzare l'operazione di manutenzione automatizzando la raccolta dei dati, velocizzando i tempi di accesso alla documentazione e riducendo gli errori dell'addetto alla manutenzione.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alfresco open source software</li> <li>- Semantic Web</li> </ul>	Manifattura	Fase di Assistenza al cliente	PMI

Caso studio	Breve descrizione	Tecnologie coinvolte	Settore Merceologico	Area Applicativa	Stakeholders
3	Sistema di tracciabilità che monitora il prelievo o la restituzione di attrezzature da un dato magazzino.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tag RFID UHF passivo</li> <li>- Antenne per il rilevamento RFID</li> <li>- Signal IR</li> <li>- Server SQL (Database)</li> <li>ERP</li> </ul>	Manifattura	Fase Operativa	PMI
4	Sistema capace di monitorare il processo di approvvigionamento allo scopo di schedulare efficientemente la produzione e ridurre i tempi di fermo macchina dovuti a un ritardo nell'arrivo delle materie prime.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modulo GPS</li> <li>- Piattaforma di archiviazione dati in Cloud</li> <li>- Software di analisi Zerynth</li> </ul>	Manifattura	Fase Operativa	Grande Impresa/PMI
5	Ridurre il numero di guasti e set up attraverso un Software di simulazione del processo produttivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Software evoluto di simulazione</li> </ul>	Manifattura	Fase Operativa	PMI
6	Applicazione della Blockchain a sostegno della sicurezza delle transazioni nel campo della logistica esterna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Blockchain</li> </ul>	Manifattura	Fase operativa	Grande Impresa/PMI

Caso studio	Breve descrizione	Tecnologie coinvolte	Settore	Area Applicativa	Stakeholders	
7	Sistema che riesce a interconnettere tutti i macchinari di marche e funzionalità diverse di uno stabilimento industriale con il Manufacturing Execution System aziendale con l'obiettivo di avere il controllo della produzione.	-Daq -Fabbrica Digitale 4.0 Lite -Lilium	Merceologico	Manifattura	Fase Operativa	Grande Impresa/ PMI
8	Sistema per l'automatizzare l'operazione di taratura dei contatori del gas, minimizzando il tempo richiesto dal processo e riducendo i possibili errori umani.	-Daq -Fabbrica Digitale 4.0 Lite -Lilium	Merceologico	Manifattura	Fase Operativa	PMI
9	Sistema di etichettatura certificato che da la possibilità al cliente di accedere facilmente a tutte le informazioni sul prodotto acquistato verificandone l'unicità e l'esclusività.	- Rfid - Sixtrue	Merceologico	Allevamento	Fase di assistenza al cliente	PMI

Caso studio	Breve descrizione	Tecnologie coinvolte	Settore	Area Applicativa	Stakeholders
10	Applicazione che consente il monitoraggio in real time dei parametri che caratterizzano un vigneto, allo scopo di ottenere un modello predittivo per la sua gestione.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensoristica per la misurazione dei parametri.</li> <li>- Pannelli solari con batterie di accumulo per l'autoalimentazione dei sensori</li> <li>- Standard di comunicazione 4G/3G</li> <li>- Sistema Cloud Microsoft Azure</li> <li>- Agrimes (Applicazione web per il monitoraggio dei dati)</li> </ul>	Merceologico  Alimentare	Fase Operativa	PMI
11	Sistema di tracciabilità attraverso il quale un datore di lavoro può salvaguardare i lavoratori da possibili infortuni.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- RFID</li> <li>- Lettore RFID</li> </ul>	Manifattura	Fase Operativa	Grande Impresa/ PMI
12	Soluzione che ottimizza la gestione di prodotti freschi, riduce il consumo energetico dei sistemi di refrigerazione e garantisce il rispetto delle normative sanitarie.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensoristica per la misurazione dei parametri.</li> <li>- Microcontrollori</li> <li>- Cloud</li> <li>- App mobile</li> <li>- Software di sviluppo Zerynth</li> </ul>	Alimentare	Fase Operativa	Grande Impresa/ PMI

Caso studio	Breve descrizione	Tecnologie coinvolte	Settore Merceologico	Area Applicativa	Stakeholders
13	Sistema per tenere sotto controllo i parametri vitali dei pesci in un allevamento migliorando il processo di produzione e consentendo di rilevare possibili problemi quando questi insorgono.	- Sensoristica per la misurazione dei parametri. - Standard di comunicazione 3G/GPRS -Standard IEEE 802.15.4	Allevamento	Fase Operativa	Grande Impresa/ PMI
14	Sistema che riesce a interconnettere il robot di carico bocciatura con il Manufacturing Execution System aziendale con l'obiettivo di automatizzare la raccolta dei dati, tracciare i fermi macchina e calcolare il costo di ogni commessa.	-Daq -Fabbrica Digitale 4.0 Lite -Lilium	Manifattura	Fase Operativa	PMI
15	Riduzione gli elevati costi di assistenza legati alla vendita dei prodotti utilizzando una piattaforma open source.	Piattaforma open source (Drupal)	Manifattura	Fase di assistenza al cliente	PMI
16	Applicazione per il monitorare il traffico di veicoli presso le stazioni di servizio per elaborare una strategia di pricing	- 3 Gateway Wifi/BT - Database MySQL locale - Microsoft Dynamics NAV ERP	Commercio	Fase di assistenza al cliente	Gestore di 10 stazioni di Servizio

Caso studio	Breve descrizione	Tecnologie coinvolte	Settore Merceologico	Area Applicativa	Stakeholders
17	Sistema che consente di accedere in tempo quasi reale alle informazioni su determinati parametri ambientali per mantenere costante il loro valore durante l'intero processo produttivo di imballaggi flessibili.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensoristica per la misurazione dei parametri.</li> <li>- Gateway Meshlium Wifi/Ethernet/802.15.4</li> <li>- Interfaccia web Meshlium proprietaria di Libelium per lo storage dei dati</li> <li>- Cloud Microsoft Azure</li> </ul>	Manifattura	Fase Operativa	PMI
18	Ottimizzazione dei tempi richiesti per lo sviluppo di un nuovo prodotto attraverso la stampa 3D.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- FDM GIMAX 3D MATY, Stampante 3D per lo sviluppo dei tool di produzione</li> <li>- STL Formlabs FORM 2, Stampante 3D per la produzione dei campioni dedicati ai test meccanici</li> <li>- MJP PJ 2500 Plus, Stampante 3D per la produzione secondo la prototipazione rapida</li> </ul>	Manifattura	Fase di Design	PMI
19	Applicazione per controllare le informazioni relative ai capi dalla catena dei fornitori, ai magazzini e infine ai punti commerciali.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tag RFID UHF passivo (70x25mm)</li> <li>- Applicativo di gestione magazzino in Cloud</li> <li>- Varchi con antenne a radiofrequenza</li> <li>- Lettori portatili RFID</li> </ul>	Abbigliamento	Fase Operativa	PMI

Caso studio	Breve descrizione	Tecnologie coinvolte	Settore Merceologico	Area Applicativa	Stakeholders
20	Dispositivi intelligenti installati sulla vetrina di un punto commerciale in grado di raccogliere informazioni fondamentali su gusti, preferenze, adattandosi perfettamente alla tipologia di cliente che la sta osservando.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 12 Microcontrollori a 32bit</li> <li>- Standard di trasmissione dati Wifi</li> <li>- Mobile App</li> <li>- Software proprietario Zerynth</li> </ul>	Commercio	Fase di assistenza al cliente	Gioielleria
21	Soluzione per il monitoraggio dei parametri ambientali per la conservazione di opere storiche in un museo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensoristica per la misurazione dei parametri.</li> <li>- Connessione 4G</li> <li>- Interfaccia web</li> </ul>	Cultura	Fase di assistenza al cliente	Museo
22	Sistema che memorizza il comportamento dei clienti all'interno di un centro commerciale per proporre soluzioni in linea con le sue esigenze.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Meshlium Scanner</li> </ul>	Commercio	Fase di assistenza al cliente	Centro Commerciale

### 2.2.1 Manutenzione Intelligente

Un'azienda chiamata Liberologico S.r.l decide di dotare i suoi macchinari di un sistema di manutenzione predittiva e non più preventiva al fine di minimizzare gli errori o le perdite di tempo causati dai fermi macchina, allungandone la vita utile.

I vantaggi ottenuti dall'introduzione del nuovo sistema di manutenzione predittivo sono diversi, tra questi ritroviamo la minimizzazione dei fermi macchina come precedentemente accennato, un'ottimizzazione e formazione del personale di manutenzione, un aumento della vita utile del macchinario, un aumento della produttività, un miglioramento dell'efficienza dell'impianto (Overall Equipment Effectiveness).

Le tecnologie principalmente riscontrate nell'utilizzo di tale sistema sono: sensori per la raccolta dei dati dai macchinari, software di concentrazione dati, software di collezione dati su piattaforma proprietaria e un database in Cloud.

Quando in un'azienda si verificano dei fermi macchina è necessario attivare una serie di eventi che richiedono un particolare dispendio di tempo, quali ad esempio chiamare dei tecnici esterni all'azienda ed ordinare pezzi di ricambio. Inoltre, un'azienda che produce macchinari e ne distribuisce i pezzi di ricambio deve anche prevedere nel miglior modo possibile le giacenze a magazzino, poiché potrebbe verificarsi il caso in cui un'azienda presenti una richiesta più alta di un pezzo di ricambio, piuttosto che un altro.

Nell'azienda esempio, sono stati inseriti dei sensori nei macchinari che effettuano la misura di alcuni parametri e permettono all'azienda di immagazzinare grandi moli di dati sullo stato di questi ultimi.

Dall'analisi dei dati ottenuti dai sensori, è possibile intuire se il macchinario si sta usurando (le misure effettuate escono dagli intervalli di confidenza preimpostati), ed in un simile caso il sistema avvisa della necessaria manutenzione prima che la macchina si fermi.

In questo modo, la manutenzione passa da essere una manutenzione programmata, in cui vengono stabiliti gli interventi a prescindere dalla reale necessità, a quella predittiva in cui l'intervento viene effettuato sulla base di un'effettiva esigenza. Inoltre il sistema gestisce anche l'assegnazione di risorse alle attività ed individua inoltre le carenze di competenze, permettendo di effettuare un training mirato.



Figura 26: Manutenzione basata sui dati pervenuti dai sensori sulla linea (Fonte Industria 4.0 SENZA SLOGAN)

## 2.2.2 Manutenzione con Tecnologie Semantiche

Una PMI che produce macchinari complessi in modo artigianale deve garantire l'installazione customizzata e la manutenzione ai propri clienti nel mondo. La produzione di macchinari complessi in modo artigianale implica, a sua volta, un livello di complessità anche dal punto di vista della gestione della manutenzione, poiché è richiesta una quantità elevata di dati. Si osservi che l'azienda in questione dispone di pochi tecnici, dunque è necessario un sistema efficace e veloce nell'integrazione delle informazioni. Inoltre, in alcuni casi, è necessario fornire l'accesso al cliente, perché possa utilizzare le informazioni a disposizione per effettuare l'intervento di manutenzione autonomamente.

Le tecnologie abilitanti chiave utilizzate nella soluzione sono fondamentalmente due: Semantic Web e Software Open Source.

Tutto ciò è possibile grazie a tecniche di semantiche web che consentono di eseguire ricerche in modo più semplice e mirato. In questo modo, il tecnico addetto alla manutenzione che si trova davanti a complessi macchinari e diversi tra loro, può accedere alle informazioni necessarie anche semplicemente attraverso una foto. A supporto di tale attività, il Software Open Source come Alfresco, che archivia le informazioni in modo organizzato e indicizzato su materiali e macchinari.

Questa innovazione comporta dei chiari vantaggi come l'automazione della raccolta dei dati, il facile accesso alla documentazione, ed una riduzione degli errori dell'addetto alla manutenzione.



Figura 27: La manutenzione con tecnologie semantiche (Fonte Industria 4.0 SENZA SLOGAN)

### 2.2.3 Sistema di tracciabilità delle risorse in magazzino

Un'azienda toscana, chiamata 3logic MK, ha sviluppato un sistema che monitora il prelievo, o la restituzione di attrezzature da un dato magazzino, in modo da evitarne la perdita di materiali e ridurre lo spreco di tempo alla ricerca dell'attrezzatura, per via del mancato aggiornamento dei dati nell'ERP aziendale. Spesso si verifica che un operatore prelevi un'attrezzatura dal magazzino, con mancata registrazione nel sistema ERP. Dunque, oltre ad un monitoraggio continuo degli spostamenti delle attrezzature, e ad una riduzione di tempo, si riscontra anche un vantaggio che prevede una maggiore responsabilizzazione dei dipendenti.

Le tecnologie abilitanti utilizzate sono le seguenti: TAG RFID UHF, antenne per il rilevamento RFID, SignalR, SQL server, Enterprise Resource Planning (ERP).

Per far fronte a questo bisogno 3logic MK ha sviluppato un varco, da installare alle porte del magazzino, che grazie alle antenne di cui è dotato è in grado di monitorare il passaggio di persone e oggetti muniti di TAG RFID UHF passivi.

*"Il sistema quindi non solo è in grado di riconoscere il passaggio dell'operatore con l'attrezzo prelevato, ma è anche in grado di stabilire se l'operatore è uscito o rientrato in magazzino, e dunque se l'attrezzatura è stata prelevata o riportata al suo posto, effettuando in automatico il carico o lo scarico dell'oggetto dal magazzino nell'ERP aziendale" (D. Loschiavo).*

Inoltre, da precisare che l'azienda in esame avrebbe potuto risolvere il caso in maniera diversa, adottando tecnologie più potenti e complesse, che avrebbero avuto però costi e problemi di integrazione maggiori.



Figura 28: La manutenzione con tecnologie semantiche (Fonte Industria 4.0 SENZA SLOGAN)

#### 2.2.4 Smartificazione del processo di approvvigionamento

Il ritardo nella consegna dei prodotti è uno dei problemi più comuni e diffusi nell'attuale paradigma economico. L'implementazione delle tecnologie dell'Industria 4.0 è una soluzione a molti dei problemi che si creano lungo i processi di Supply Chain in azienda, comportando numerosi vantaggi tra i quali efficientamento del processo di ricevimento delle merci e la diminuzione dei tempi di fermo macchina dovuto a un ritardo nell'arrivo della merce.

Le tecnologie abilitanti utilizzate ai fini di ottenere tali vantaggi sono: GPS, Cloud ed il Software di sviluppo Zerynth.

Generalmente, in un contesto aziendale, dopo aver fatto un GANTT per programmare tutte le attività da svolgere, si verifica un ritardo rispetto a quanto stabilito, dunque pianificazione ed esecuzione non sono mai strettamente correlate per svariati motivi: Gli operatori possono ammalarsi, le macchine si guastano, i fornitori non rispettano sempre le scadenze, il corriere che trasporta i pezzi necessari può trovare un blocco durante il tragitto, ovvero tutti eventi, prevedibili e non, che contribuiscono ad accumulare ritardi nella produzione. L'intento ideale è quello di ridurre al

massimo gli incidenti di percorso attraverso ad esempio i GPS, che aiutano a tracciare la consegna di materie prime e semilavorati, grazie al quale il cliente riesce anche a stimare l'orario di arrivo, o i software di simulazione. Questi ultimi sono sistemi che individuano e visualizzano un modello astratto che rappresenta il reale funzionamento di uno o più processi e permettono di variare i parametri in modo da valutare l'impatto sul sistema derivante da tali modifiche.



*Figura 29: smartificazione dei mezzi di trasporto (Fonte Industria 4.0 SENZA SLOGAN)*

### 2.2.5 Ottimizzazione del processo produttivo attraverso la simulazione

Un'azienda produttrice di metalli, a causa di lunghi set up, mix complessi da gestire, ed un numero elevato di guasti, ha riscontrato una forte necessità nel dover rinnovare il processo produttivo. La soluzione al problema è stata riscontrata nell'implementazione di evoluti software di simulazione, al fine di analizzare la situazione ed ottenere dei vantaggi dall'introduzione di un software in grado di simulare perfettamente un processo.

Grazie al continuo monitoraggio sul processo, il software ha preso input, elaborando i dati e riscontrando un problema evidente lungo il processo di produzione: un collo di bottiglia dovuto ad un singolo macchinario. In dettaglio, sulla base dei risultati della simulazione è stato possibile ridurre il tempo necessario per il setup degli impianti applicando la metodologia SMED e sono state parallelizzate le operazioni di setup su cui si verificava il collo di bottiglia riuscendo anche a colmare.

Da tale cambiamento del processo produttivo si traggono chiaramente diversi vantaggi elencati di seguito:

- Ottimizzazione del processo produttivo
- Riduzione dei costi di produzione e di magazzino
- Modellazione di sistemi complessi
- Versatilità del simulatore a tutte le aree



*Figura 30: Ottimizzazione attraverso la simulazione (Fonte Industria 4.0 SENZA SLOGAN)*

## 2.2.6 Smart contract nella logistica esterna

Il caso seguente tratterà di una possibile applicazione della Blockchain a sostegno della sicurezza delle transazioni nel campo della logistica esterna. Le tecnologie dunque di cui si parlerà sono *Blockchain* e il sensore di

temperatura. Grazie alla Blockchain è possibile stipulare dei contratti, di nome "Smart Contracts", che permettono di stabilire determinate condizioni che inducono all'attivazione di un contratto o meno, nel caso in cui non vengano rispettate. Ad esempio, affinché si verifichi una transazione economica, occorre che la merce arrivi al destinatario senza aver subito danni, o deterioramenti simili, come un aumento della temperatura. Questo meccanismo è molto sicuro, basato su un algoritmo, che permette di accettare la merce su condizione.

Inoltre, esistono sistemi di anticontraffazione, per cui associando un identificatore unico in una transazione Blockchain al produttore e all'acquirente è possibile verificare la contraffazione o meno della transazione stessa.



*Figura 31: Logica di funzionamento degli Smart Contracts (Fonte Industria 4.0 SENZA SLOGAN)*

## 2.2.7 Interconnessione dei macchinari con il MES aziendale

è un'azienda produttrice di guarnizioni per il settore medicale. La richiesta di Guarni&Med è quella di riuscire a connettere tutti i suoi macchinari di marche e funzionalità diverse con il Manufacturing Execution System aziendale con l'obiettivo di avere il controllo della produzione, essere al corrente dello stato dei macchinari in ogni momento e poter rilevare il

numero di pezzi prodotti, la percentuale di difettosità e la temperatura di esercizio. Inoltre, ricerca un metodo per automatizzare la raccolta dei dati, tracciare i fermi macchina e calcolare il costo di ogni commessa. Al fine di soddisfare tali necessità ha deciso di rivolgersi all'operatore tecnologico T4SM. Si procede con l'implementazione dei software iDaq, Fabbrica Digitale 4.0 e Liliium. iDaq si connette ai macchinari tramite protocolli quali Modbus e FINS per poter estrapolare automaticamente i dati su: stato macchinario, pezzi prodotti, pezzi buoni/pezzi difettosi, temperature di esercizio. Fabbrica Digitale 4.0 raccoglie i dati estrapolati dall'iDaq, ne fornisce una rappresentazione grafica e inoltra gli articoli da produrre su determinati macchinari, sulla base delle indicazioni fornite dal MES. Infine il Liliium sposta i dati all'interno del database aziendale, da cui il MES acquisisce le informazioni per inviare le indicazioni sugli articoli da produrre verso la Fabbrica Digitale 4.0 e il iDaq. Automatizzando il processo di raccolta dei dati, è possibile avere l'accesso allo storico di ogni commessa e quindi determinarne il costo. Si tratta di un modello scalabile e modulare, che consente l'acquisizione di altre grandezze attraverso l'iDaq e l'incorporazione in tempi ridotti di nuovi macchinari, anche con caratteristiche differenti da quelle che presentano i macchinari all'interno dell'impianto. Questa soluzione offre la possibilità di applicare algoritmi di intelligenza artificiale, come Machine Learning, su ogni macchinario, effettuare delle analisi predittive e intervenire in maniera tempestiva nel momento in cui si presenta un fermo, riducendo così i costi di produzione.

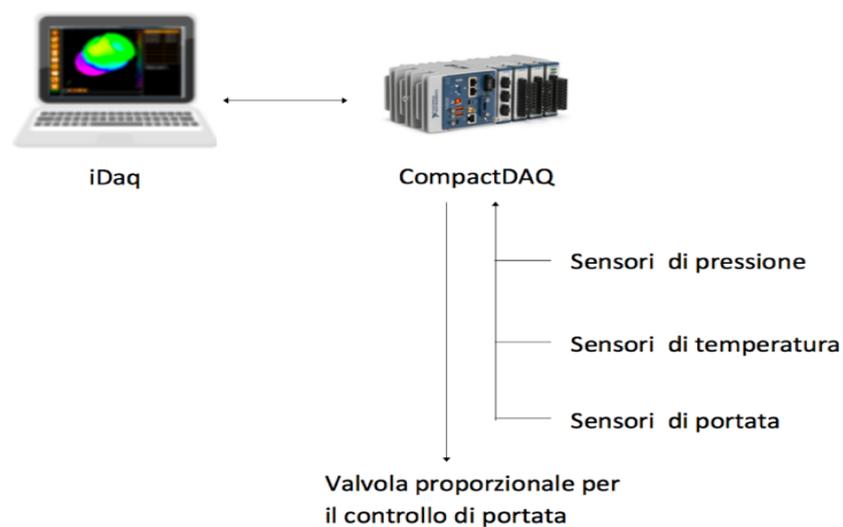


Figura 32: Integrazione di sistemi (Fonte T4SM)

## 2.2.8 Taratura automatica dei contatori del gas

Immergas è un'azienda attiva nella commercializzazione di caldaie a condensazione e a gas tradizionali. Immergas periodicamente effettua una taratura su tutti i contatori del gas che si trovano all'interno dei suoi centri di ricerca. Per l'esecuzione di tale processo, i contatori vengono collegati in serie ad un contatore di riferimento. La disposizione in serie è necessaria affinché la stessa quantità di aria attraversi tutti i contatori. Il test risulta superato se tutti i contatori misurano lo stesso valore e questo rientra in determinati limiti di tolleranza. Il test viene svolto da parte di un tecnico specializzato ed ha la durata di 3 o 4 giorni. La richiesta di Immergas è quella di automatizzare l'operazione di taratura, minimizzando il tempo richiesto dal processo e riducendo i possibili errori umani. T4SM, in qualità di partner tecnologico, risponderà alle necessità dell'azienda utilizzando quattro risorse: applicazione custom, iDag, compactDAQ e un computer portatile. Il software iDag viene installato in un computer portatile, per raccogliere i dati dai sensori e pilotare una valvola che regola la portata tramite un CompactDAQ. È richiesta la presenza di un operatore che inserisca nel sistema i numeri di matricola dei contatori ed i punti di taratura e dia il comando per iniziare il test. Al termine del processo di taratura,

l'applicazione custom genera un report che include tutte le misurazioni realizzate durante il test, mediante le quali vengono individuate le rispettive curve di taratura. Con l'impiego della soluzione proposta da T4SM vengono soddisfatte tutte le richieste dell'azienda, ovvero il processo di taratura risulta più veloce, poiché essendo stato automatizzato non è richiesto l'intervento del tecnico specializzato ed è quindi gestibile internamente. Inoltre, le risorse impiegate in questa soluzione, permettono di ottenere una precisione nelle misurazioni più elevata rispetto a quella ottenuta manualmente dal tecnico.



*Figura 33:Immergas (Fonte T4SM)*

## 2.2.9 Sistema di etichettatura per verificare l'autenticità dei prodotti

Ca' Lumaco, azienda agricola, è specializzata nella lavorazione e commercializzazione di carni suine. L'azienda agricola Ca' Lumaco, dopo aver adottato misure legate all'utilizzo di sistemi RFID per la tracciabilità e rintracciabilità dei suoi prodotti, decide di ricorrere nuovamente ad un approccio 4.0. In questo caso, l'azienda richiede una soluzione affinché i suoi clienti possano accedere facilmente a tutte le informazioni sulla carne acquistata verificandone l'unicità e l'esclusività attraverso un sistema di etichettatura certificato. Tenenga, il partner tecnologico scelto, suggerisce l'impiego di SixTrue, un'innovazione nel campo dei codici bidimensionali. Infatti, SixTrue è uno strumento che si serve della biometria per garantire l'autenticazione di un prodotto, e fornire informazioni riguardo alla storia. SixTrue crea dei segni di identificazione unici che non possono essere riprodotti, neanche con sofisticate tecnologie di copia e stampa digitale. Ogni segno è unico grazie a tecniche di produzione esclusive che combinano casualmente pigmenti contenuti all'interno di microcapsule, generando un numero infinito di configurazioni, l'una diversa dall'altra. A differenza di altri sistemi anti-contraffazione ampiamente utilizzati (ologrammi, microchip, thread di sicurezza, etichette numerate, nanotecnologie), con SixTrue è impossibile generare la stessa configurazione due volte. Il segno SixTrue viene applicato sull'etichetta del prodotto intorno ad un Qrcode. Tali segni identificativi vengono archiviati in un database centrale e diventano attivi una volta ricevuta la conferma che il prodotto è entrato nella catena di distribuzione. In questo modo il cliente dopo aver acquistato il prodotto può accedere ad un'applicazione per smartphone che accerta l'autenticità del prodotto. SixTrue offre dunque un collegamento diretto tra produttore e consumatore.

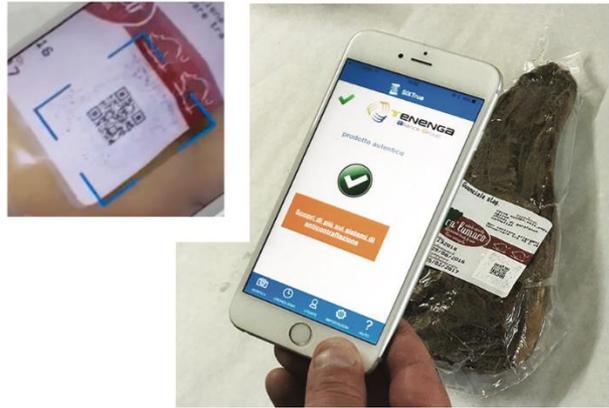
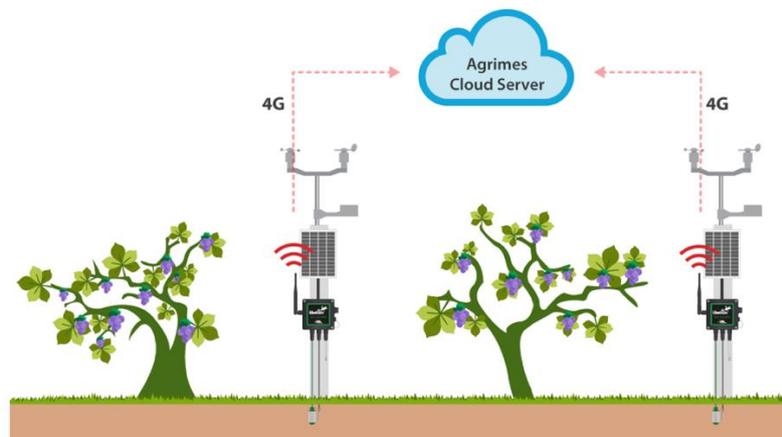


Figura 34: Ca' Lumaco (Fonte T4SM)

## 2.2.10 Monitoraggio del processo produttivo di un'azienda vinicola

La Pago Ayles è un'azienda vinicola ubicata nella comunità autonoma di Aragona in Spagna. L'obiettivo dell'azienda è quello di ottenere una produzione efficiente ed un modello predittivo per la gestione del vigneto. Il progetto viene affidato a Libelium, società attiva nel settore dell'Internet of Things. Per rispondere alle esigenze della Pago Ayles, Libelium dispone l'installazione di 100 apparecchiature di misurazione in grado di rilevare 25 parametri sullo stato dell'uva e le condizioni climatiche. Il posizionamento delle apparecchiature è stato realizzato in maniera strategica per poter acquisire le informazioni relative ai parametri e prevedere l'andamento della produzione. Questa soluzione fornisce dunque dei modelli comportamentali e predittivi per controllare il processo di viticoltura e prendere decisioni gestionali basate sui dati. I dati raccolti dalle apparecchiature di misurazione tramite sensori vengono inviati con la connessione 4G direttamente alla piattaforma Cloud di Microsoft. Successivamente, attraverso Agrimes, un'applicazione alimentata dai dati presenti nel Cloud, l'utente può visualizzare i dati in formato tabella valori o grafico e confrontare gli stessi parametri in date diverse. Tra i vantaggi riscontrati dall'applicazione vi è la migliore conoscenza del processo produttivo da parte dell'azienda grazie ad un monitoraggio in real time dei

parametri che influenzano il vigneto, che si traduce in un aumento della qualità del vino e in una riduzione dei costi di produzione.



*Figura 35: Pago Ayles (Fonte Libellium)*

### 2.2.11 Sistema di tracciabilità per assicurare la sicurezza sul posto di lavoro

Durante il 2015 si sono verificati più di 600 mila casi di infortunio sul posto di lavoro, tra questi 600 sono stati mortali. Sebbene questo numero si vede ridimensionato negli anni successivi, quello della sicurezza è un tema delicato che deve essere preso in considerazione da ogni azienda. Un datore di lavoro deve somministrare ai lavoratori i cosiddetti dispositivi di protezione personale (DPI) e deve assicurarsi che questi li utilizzino. Il datore di lavoro è responsabile del mancato utilizzo dei DPI anche nel caso in cui l'abbia previamente predisposto. Affinché il personale indossi i DPI nell'arco del turno lavorativo, si ricorre a sistemi di tipo RFID. Si procede, dunque, con l'applicazione di tag RFID sui dispositivi di protezione e sui badge dei lavoratori e l'installazione di lettori in aree diverse dell'azienda. I lettori RFID individuano i singoli operatori, e se stanno utilizzando o meno i dispositivi di protezione, inviano queste informazioni alla piattaforma Cloud che li analizza e accende un allarme se lavoratore non indossa un dispositivo adatto all'area in cui è. Il suono dell'allarme rammenta al lavoratore di indossare i dispositivi per la sua messa in sicurezza. Questa

soluzione rappresenta un mezzo attraverso il quale il datore di lavoro può salvaguardare i lavoratori da possibili infortuni.



Figura 36: Sicurezza sul lavoro (Fonte Industria 4.0 Senza Slogan)

## 2.2.12 Gestione di merci deperibili

Le aziende che commercializzano prodotti freschi si interfacciano con numerose sfide come per esempio la gestione di merci deperibili, l'elevato consumo energetico dei sistemi di refrigerazione, il rispetto delle normative sanitarie per il trattamento dei prodotti alimentari. La Supply Chain di tutti quei prodotti che devono essere conservati a basse temperature per mantenere le qualità originarie, viene chiamata catena del freddo. Il trattamento dei prodotti a scadenza breve non è semplice, in quanto un produttore deve garantire che in tutte le fasi del loro ciclo di vita questi non subiscano alterazioni dovute a dei cambi di temperatura. Per questa ragione, è fondamentale assicurare il corretto funzionamento degli impianti frigoriferi. Un secondo problema che sussiste nella catena del freddo, è quello relativo all'energia impiegata per alimentare le celle frigorifere, la cui riduzione comporterebbe un grande risparmio per le aziende del settore in termini di costi operativi. Zerynth, operatore tecnologico, attivo nella progettazione e sviluppo di soluzioni intelligenti, risponde a queste sfide con il sistema ROI (Refrigeration On Internet). Tale sistema è abilitato per il controllo dello stato di un impianto frigorifero, dei suoi parametri

caratteristici e, attraverso queste informazioni, per gestirne l'accensione e lo spegnimento. Il ROI effettua l'acquisizione dei dati e in seguito li trasferisce all'interno di una piattaforma Cloud che esegue l'algoritmo di gestione degli impianti, in base alle modalità di utilizzo di ogni cella frigorifera. Dall'analisi dei dati, è possibile individuare malfunzionamenti o prevedere futuri guasti ed intervenire tempestivamente. Il sistema consente l'accesso alle informazioni raccolte attraverso un'applicazione su pc o smartphone. Inoltre ROI predispone misurazioni frequenti della temperatura e ne registra i valori per adempire agli obblighi previsti nella normativa HACCP.

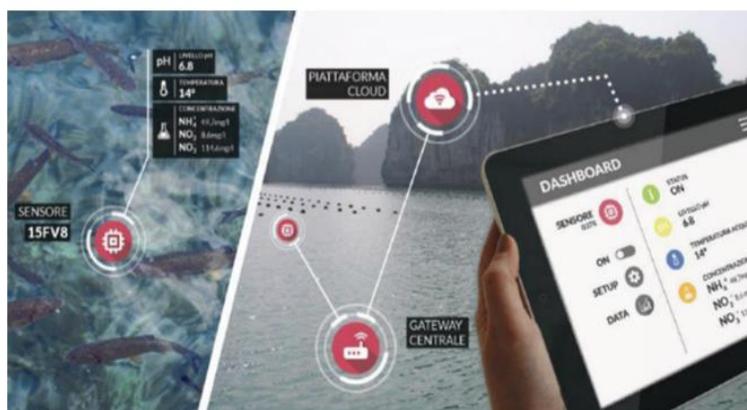


*Figura 37: Refrigerazione (Fonte Industria 4.0 Senza Slogan)*

### 2.2.13 Monitoraggio di un allevamento di pesci

Nell'ambito dell'allevamento di pesci destinati all'alimentazione, è fondamentale tenere sotto controllo i parametri vitali degli animali e quelli relativi all'ambiente per migliorare il processo di produzione. I pesci sono allevati in dei bacini d'acqua all'interno dei quali, nel giro di pochi mesi, aumentano di peso e vengono messi in vendita. Durante questi mesi una percentuale di pesci muore per cause naturali o per le impurità dell'acqua. In Vietnam, la PHA distribution, ha installato in un impianto di acquacoltura degli Smart Sensor capaci di analizzare la qualità dell'acqua, prevenendo possibili malattie che potrebbero influenzare la salute degli animali. In

particolare gli Smart Sensor rilevano i seguenti parametri: temperatura, pH, conducibilità, ossigeno disciolto, potenziale di ossido-riduzione, concentrazione di Ammonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), Nitrati (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e Nitriti (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), sostanze create dagli stessi pesci che infettano l'acqua. I dati, dopo essere stati acquisiti, vengono trasferiti in un gateway grazie a protocolli di comunicazione 3G/GPRS e IEEE 802.15.4. Il gateway incamera i dati e li salva in Cloud. Si ha l'automatizzazione del processo di raccolta dei dati e il responsabile dell'allevamento può monitorare i parametri vitali dei pesci e dell'ambiente, attraverso semplici grafici. Il monitoraggio di questi parametri, consente di individuare in maniera tempestiva la presenza di impurità nell'acqua, così da poter intervenire per ovviare al problema in tempi ridotti. Si stima infatti che le perdite nel numero di pesci diminuiscano del 40-50%.



*Figura 38: Monitoraggio di un processo produttivo (Fonte Industria 4.0 Senza Slogan)*

## 2.2.14 Interconnessione dei robot con MES aziendale

Fratelli Carminati è una PMI specializzata nel settore della meccanica ed in particolare nei processi di bocciatura, stozzatura e rettifica.

L'esigenza dell'azienda, è quella di riuscire ad interconnettere il robot di carico bocciatura con il Manufacturing Execution System aziendale, con

l'obiettivo di automatizzare la raccolta dei dati, tracciare i fermi macchina e calcolare il costo di ogni commessa. T4SM propone dunque una soluzione per andare incontro all'esigenza dell'azienda e riuscire, quindi, ad interconnettere entità hardware e software diverse tra di loro.

Si procede con l'implementazione dei software iDaq, Fabbrica Digitale 4.0 e Liliium. iDaq si interfaccia con il robot tramite il protocollo Modbus TCP per rilevare i segnali emessi da quest'ultimo ed acquisire dati su: allarmi, stato del robot, numero di pezzi prodotti ed altri dati di processo.

Fabbrica Digitale 4.0 raccoglie i dati acquisiti dall'iDaq, ne fornisce una rappresentazione grafica e inoltra gli articoli da produrre su determinati macchinari sulla base delle indicazioni fornite dal MES. Infine il Liliium sposta i dati all'interno del database aziendale, da cui il MES acquisisce le informazioni per inviare le indicazioni sugli articoli da produrre verso la Fabbrica Digitale 4.0 e il iDaq.

Automatizzando il processo di raccolta dei dati è possibile avere l'accesso allo storico di ogni commessa e quindi determinarne il costo.

Inoltre questa soluzione apporta una serie di vantaggi legati al risparmio di tempo e alla riduzione di errori umani.



Figura 39: Fratelli Carminati (Fonte T4SM)

## 2.2.15 Piattaforma web a supporto delle attività post-vendita

Un'azienda produttrice di macchinari complessi si rivolge a Net7 per ridurre gli elevati costi di assistenza legati alla vendita dei suoi prodotti. Il partner

tecnologico Net7, propone all'azienda l'utilizzo di una piattaforma open source chiamata Drupal, accessibile via web all'interno della quale il cliente può trovare manuali, informazioni sui macchinari e pacchetti di formazione e assistenza o acquistare accessori o aggiornamenti software.

L'azienda in questo modo riduce costi e tempi di assistenza, non dovendo inviare tecnici specializzati presso i clienti. Inoltre, fornisce al cliente una soluzione su misura che combina la conoscenza dei macchinari con proposte di marketing atte ad incrementare il fatturato aziendale.

Questa soluzione aumenta la customer experience e riduce i costi operativi.

### 2.2.16 Monitorare il volume di traffico in una stazione di servizio

Le stazioni di servizio negli ultimi tempi si sono convertite in attività commerciali, offrendo una vasta gamma di prodotti alimentari e non. Il proprietario spagnolo di dieci stazioni di servizio vuole monitorare il traffico di veicoli presso le sue stazioni per elaborare una strategia di pricing. Il progetto viene affidato a Libelium che adotta tecniche IoT per customizzare l'attività commerciale delle stazioni di servizio. La soluzione prevede l'installazione di vari gateway in grado di rilevare la presenza di cellulari o dispositivi con connettività WiFi. I dati vengono successivamente analizzati su una piattaforma Cloud, mediante Microsoft Dynamics NAV ERP.

In questo modo è possibile conoscere il numero di veicoli che accedono alle aree di servizio, la durata media di soggiorno e il motivo della sosta.

Questa soluzione consente infine di raccogliere informazioni sul comportamento riscontrato nei clienti durante l'acquisto, in base al quale vengono stabiliti i prezzi di vendita dei prodotti.



Figura 40: Volume di traffico in una stazione di servizio (Fonte: Libelium)

### 2.2.17 Monitoraggio del processo produttivo di un'azienda che realizza imballaggi

Polipol è un'azienda leader nella stampa e trasformazione di imballaggi. Per l'azienda è fondamentale mantenere costante il valore di determinati parametri ambientali durante l'intero processo produttivo. Il parametro che influisce maggiormente sulla produzione delle bobine da imballaggio è la temperatura, in quanto valori troppo alti potrebbero rendere il pigmento secco, condizionare l'elasticità dei materiali o provocare la delaminazione del prodotto finito. Polipol si rivolge all'operatore tecnologico Libelium, al fine di poter aumentare la qualità dei prodotti offerti.

La soluzione proposta da Libelium prevede l'installazione un sistema di Smart Sensor per il rilevamento di: temperatura, umidità, luce e composti organici volatili. I sensori intelligenti inviano i dati acquisiti ad un gateway multiprotocollo. In seguito i dati vengono archiviati su un database locale per poi essere spostati ogni 60 secondi in Cloud. In questo modo le informazioni diventano accessibili quasi in tempo reale. Si ha l'automatizzazione del processo di raccolta dei dati e il responsabile dello stabilimento può tenere sotto controllo il valore dei parametri ambientali.

## 2.2.18 Stampa 3D per ottimizzare le fasi di sviluppo e progettazione

B810 s.r.l. è un'azienda che si occupa dello sviluppo e della commercializzazione di sistemi elettronici e di tecnologie innovative. I prodotti offerti da B810 s.r.l., in quanto innovativi, sono caratterizzati da una fase di R&D lunga e onerosa. Viene preso in esame il caso di un apparecchio per il monitoraggio dei consumi elettrici. Per la realizzazione dell'apparecchio sono previsti 8 step. Il primo step prevede la realizzazione del disegno tramite un modello 3D CAD, in seguito viene commissionata ad un fornitore la creazione del prototipo a partire dal disegno in 3D, il prototipo viene testato per valutarne efficienza e funzionalità, nel caso in cui siano richieste delle modifiche è necessario ripetere gli ultimi due step, una volta approvato il prototipo si procede alla progettazione della catena di fornitura del prodotto finito. B810 s.r.l. decide di adottare la stampa 3D a supporto della fase di R&D. Con l'introduzione di questa soluzione, si assiste ad una ottimizzazione dei tempi richiesti per lo sviluppo di un nuovo prodotto. Inoltre adesso l'azienda controlla l'intero processo e può i costi legati all'esternalizzazione dell'attività di prototipazione.

### 2.2.19 Sistema di tracciabilità nel settore del fast fashion

Kaos è un marchio di abbigliamento la cui idea di business si focalizza sull'offerta di look alla moda con una modalità di consegna fast. La richiesta dell'azienda è pertanto quella di trovare un metodo efficiente per controllare le informazioni relative ai capi dalla catena dei fornitori, ai magazzini e infine ai punti commerciali. La tecnologia proposta da Tenenga, per andare in contro alle esigenze di Kaos, è l'RFID. L'RFID è uno strumento per il riconoscimento univoco composto da tre parti, un tag che contiene un'antenna, un'ulteriore antenna che comunica con quella del tag mediante onde radio, ed un lettore che comunica con il tag, per mezzo dell'antenna, e con il sistema informatico. I tag vengono posti in fase di produzione sulle etichette dei capi rendendoli tracciabili all'interno della filiera. In questo modo l'azienda può monitorare il percorso effettuato dai capi lungo la Supply Chain utilizzando un'applicazione disponibile via web. Con l'introduzione di questa tecnologia è possibile mantenere la situazione dei magazzini e dei punti commerciali sempre aggiornata. Altre vantaggi della soluzione impiegata si riscontrano nella possibilità di velocizzare le fasi di entrata ed uscita dei capi e automatizzare il processo di verifica delle bolle di consegna.

### 2.2.20 Una vetrina 4.0

Un'azienda toscana ha creato dei dispositivi intelligenti per creare una vetrina 4.0 che raccoglie informazioni fondamentali su gusti, preferenze, adattandosi perfettamente alla tipologia di cliente che la sta osservando.

Le tecnologie utilizzate a supporto della creazione di tali dispositivi sono: WiFi, Microcontrollore, App mobile e Software di sviluppo Zerynth.

Il prodotto che ha rivoluzionato la vetrina di una gioielleria parigina, è un sistema di 12 tavole rotanti controllate ognuna da un microcontrollore a 32bit in grado di mostrare, nel solito spazio espositivo, il doppio delle collezioni che la gioielleria propone ai clienti. Ogni tavolo è controllabile da remoto, e grazie ad un App il gioielliere ha la possibilità di fermare o meno

la rotazione, o permettere ai clienti di mirare una determinata collezione o meno.

Inoltre, come dice D.Mazzei, la cosa che rende 4.0 il prodotto sta nella generazione e condivisione dei dati rilevati (*quale tavola è stata bloccata più spesso, in quale posizione, se il cliente ha poi comprato quel prodotto o no, se ne ha comprati altri*) che possono essere utili a molte altre attività aziendali, ad esempio il marketing, la pianificazione degli acquisti, l'impostazione di piani di comunicazione.

Diversi chiaramente i vantaggi ottenuti da tale sistema, quali l'acquisizione di dati di mercato basati sulla correlazione tra prodotto visualizzato ed effettivo acquisto e la trasformazione di una vetrina statica, in una vetrina dinamica, che si personalizza in base all'utenza che la sta guardando. Non per ultimo, un altro dei vantaggi ottenuti, è quello di essere in grado di analizzare la correlazione tra il numero di volte in cui un cliente guarda un prodotto, e le vendite del prodotto stesso (dato proveniente dal registratore di cassa) per capire se effettivamente un prodotto genera un acquisto da parte di un cliente interessato.



*Figura 41: Una Vetrina 4.0 (Fonte Industria 4.0 Senza Slogan)*

## 2.2.21 Monitoraggio parametri ambientali per la conservazione di opere storiche

La tecnologia IoT di Libelium e del museo Huesca contribuisce al monitoraggio della conservazione del patrimonio di due capolavori storici, in particolare di due particolari arazzi. Il primo si intitola "Tiraz de Cols", un pezzo dell'XI secolo lussuosamente elaborato con oro e seta; il secondo è l'"Arazzo di Roda de Isábena", del XVI secolo.

Questi capolavori storici devono essere conservati a specifiche condizioni climatiche, quali uno specifico tasso di umidità, ed una luce non troppo forte. Un eccesso della luce causa una perdita di colore, ed una forte umidità causa un deterioramento del tessuto.

I dispositivi Libelium Plug & Sense! sono stati posizionati dietro entrambi gli arazzi con il solo sensore di luce visibile. I dati raccolti dai dispositivi vengono inviati ad Internet, attraverso una connessione 4G, e arrivano in forma grafica ad una pagina web con lo scopo di essere analizzati in tempo reale. Il team di restauro del museo può anche registrare i dati storici e vedere come si evolvono i parametri di misura in diversi momenti della giornata, stagioni dell'anno e a seconda dell'alta o bassa occupazione della sala del museo che ospita questi pezzi. Con queste informazioni, possono generare report per sé stessi o per il patrimonio storico.

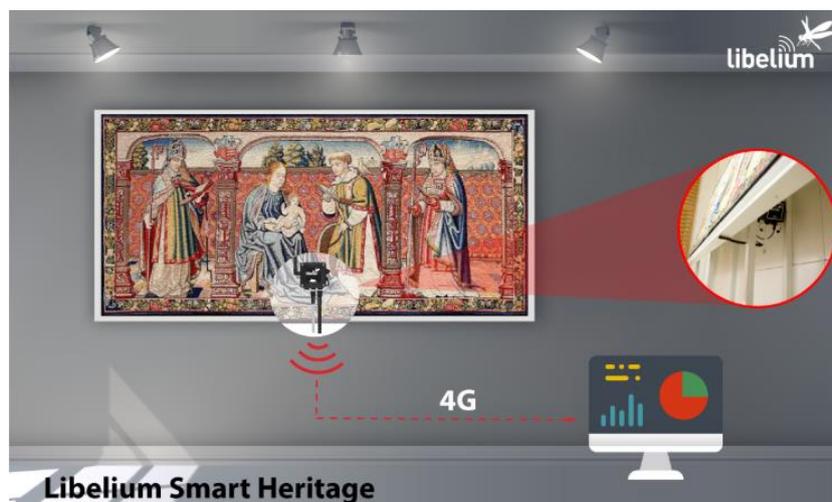


Figura 42: Diagram of this project (Fonte Libelium)

## 2.2.22 IoT migliora la customer experience nei centri commerciali

Il valore aggiunto che l'applicazione dell'Internet of Things apporta nel settore retail ammonta quasi a 3 trilioni di dollari. Il 70% dei rivenditori ritiene che il ruolo dell'IoT è significativo al fine di condurre con successo il loro business: crescita dei ricavi, riduzione dei costi ed ottimizzazione dei processi sono i principali vantaggi che derivano dalla tecnologia IoT. (Libelium, 2019).

Inoltre, permette di conoscere gusti e preferenze dei clienti, in modo da riuscire a customizzare nel migliore dei modi l'offerta di un prodotto.

In quest'ottica, GoToDigital, un'agenzia di progettazione computazionale, ha sviluppato Opportunity, una piattaforma IoT già integrata con i dispositivi Libelium IoT come Meshlium Scanner che è in grado di fornire in tempo reale informazioni dettagliate sulla posizione dei clienti all'interno del negozio. Meshlium Scanner invia tutte le informazioni che raccoglie ad Opportunity, che memorizza il comportamento dei clienti, il tempo di permanenza globale sia all'interno del negozio che nelle varie sezioni, ed il tragitto che compiono. Inoltre, grazie a questo dispositivo è possibile rilevare i dispositivi i-phone, Android, tramite Bluetooth o Wi-Fi.

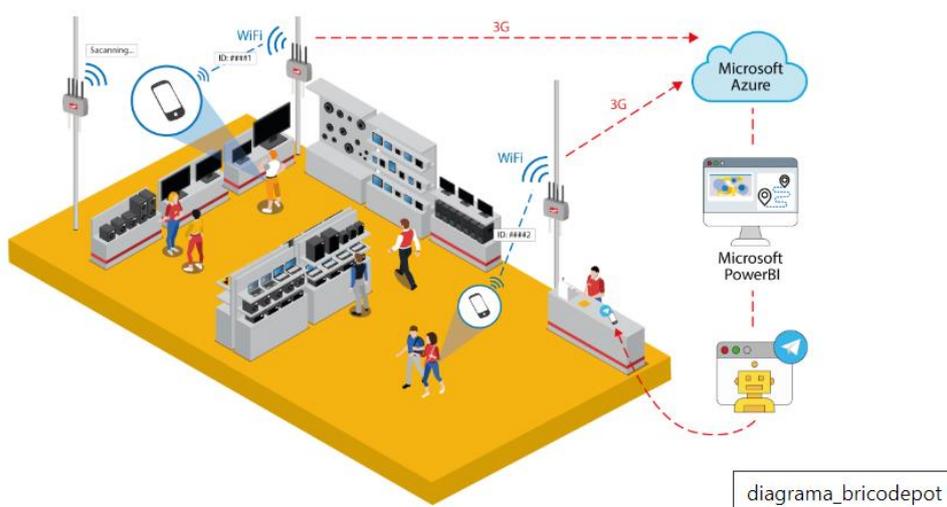


Figura 43: Diagram of an installation (Fonte Libelium)

Ciò permette al rivenditore di comprendere il comportamento dei clienti attraverso diversi indicatori:

- Frequenza del viaggio del cliente nel negozio e tempo medio, massimo e minimo di permanenza.
- Flussi di clienti nelle diverse aree del negozio (mappe termiche).
- Analisi e segmentazione in base al comportamento del cliente.
- Risposte in tempo reale per migliorare l'esperienza.
- Gestione operativa del personale del punto vendita (in base al numero di persone nelle diverse aree e orari, per adeguarsi ai modelli di comportamento e afflusso dei clienti).



*Figura 44: Meshlium Scanner Installation (Fonte: Libelium)*

## 2.3 Conclusioni

L'analisi dei casi ha restituito dei risultati interessanti ed in particolare emerge che nell'ambito della Logistica e Supply Chain Management la tecnologia più adottata è l'RFID per i benefici che apporta nella distribuzione e gestione degli asset in termini di tracciabilità e rintracciabilità. Inoltre, in quest'ambito, un'altra applicazione dell'Industria 4.0 vede l'utilizzo dei GPS e di un software su Cloud per tenere sotto controllo il processo di approvvigionamento, e poter schedulare la produzione di conseguenza. Nell'ambito manifatturiero, viene impiegata la sensoristica per il rilevamento dei vari indicatori di prestazione allo scopo di monitorare il processo produttivo, e poter eventualmente elaborare i dati attraverso il processo di Big Data Analytics, costruendo dei modelli in grado di prevedere l'andamento della produzione e supportare il processo decisionale. Tali misurazioni vengono successivamente trasferite attraverso degli standard di comunicazione ad un gateway, (Internet of Things) che li trasferisce all'interno di una piattaforma Cloud per il facile accesso da parte degli utenti. In alcuni casi i sensori vengono utilizzati parallelamente a dei software di trasferimento dei dati per connettere tutti i macchinari all'interno dello stabilimento industriale con il Manufacturing Execution System aziendale, con l'obiettivo di essere al corrente dello stato dei macchinari in ogni momento. In un'ulteriore applicazione, i macchinari vengono dotati di sensori per rilevare i dati di funzionamento e concentrarli verso un database in Cloud. Questi dati sono poi oggetto di analisi predittive (Big Data Analytics) al fine di ridurre i fermo macchina e minimizzare i guasti allungandone la vita. Uno dei casi analizzati prevede l'utilizzo di strumenti/software di simulazione basati sui dati per identificare le inefficienze delle linee produttive ed eliminarle. In uno dei casi analizzati la stampa 3D viene utilizzata per velocizzare le fasi di ricerca e sviluppo di prodotti complessi.

# **3. Industria 4.0 e Digital Twin: analisi di applicabilità alle PMI**

## **3.1 Indagine**

Il seguente assessment è volto a definire l'interesse delle PMI manifatturiere italiane nell'adottare il digital twin a supporto delle loro attività giornaliere. Con questo obiettivo, in collaborazione con ICE@Lab laboratorio del Politecnico di Torino e fondazione Links partner tecnologico, è stato costruito un questionario che verrà somministrato alle PMI attraverso la piattaforma LimeSurvey. Il questionario valuterà in primo luogo il grado di conoscenza delle tecnologie afferenti al paradigma industria 4.0 e del piano di incentivazione italiano a favore dello sviluppo tecnologico da parte delle PMI, lo stato di implementazione effettiva all'interno delle loro strutture produttive e i benefici che si attendono. Una seconda parte del questionario è dedicata ad analizzare la propensione della PMI a condividere dati operazionali in quanto molte applicazioni dell'industria 4.0 fanno riferimento a servizi esterni che prevedono il coinvolgimento di piattaforme Cloud. L'ultima parte del questionario include delle domande che mirano ad indagare in che misura le PMI hanno nozione della tecnologia digital twin. In seguito in questa sezione vengono proposte delle applicazioni del digital twin dove il soggetto rispondente è chiamato ad indicare quelle che ritiene importanti per il suo business, se sarebbe disposto ad investire sulle stesse e il lasso di tempo in cui si aspetta di avere un ritorno economico.

## **3.2 Questionario: Struttura**

Il questionario è composto da sei sezioni, elencate di seguito:

1. Identificazione dell'Azienda rispondente;
2. Livello di conoscenza dei concetti afferenti al paradigma Industria 4.0;

3. Livello effettivo di implementazione dei concetti di Industria 4.0 in Azienda;
4. Livello di conoscenza del paradigma Digital Twin per l'Industria 4.0;
5. Suggerimenti e spunti al fine di migliorare le indagini future;
6. Recapiti dell'Azienda rispondente nel caso si desiderasse essere ricontattati per ulteriori indagini o per la condivisione di informazioni.

### 3.2.1 Identificazione dell'azienda rispondente

La prima sezione è dedicata alla raccolta di informazioni generali sulla PMI rispondente. Viene investigato il settore merceologico di appartenenza dell'impresa, l'ambito in cui è attiva (manifattura/servizi), la sua dimensione in termini di numero di dipendenti, il suo target market, il suo fatturato e la quota di mercato che detiene. In seguito l'attenzione verrà rivolta alla gestione della supply chain. In particolare viene domandato all'impresa se dispone di fornitori principali ovvero che forniscono più del 30% delle materie prime/semilavorati, e se si di quanti. Analogamente viene chiesto se quest'ultima ha dei clienti principali e nel caso in cui la risposta sia affermativa il soggetto rispondente è chiamato ad indicare la percentuale di fatturato che generano. Infine vengono poste delle domande sull'andamento delle vendite, vale a dire se subiscono fluttuazioni che si riproducono da un anno all'altro e in che modo vengono affrontate. Nello specifico i quesiti proposti al soggetto rispondente in questa sezione sono:

- Nome dell'azienda
- Posizione del rispondente
- Settore di appartenenza dell'Azienda
- Attività dell'azienda
- Numero dei dipendenti
- Mercati serviti

- Anno di fondazione
- Fatturato
- Quota di Mercato
- Fornitori
- Clienti
- Andamento della domanda

### 3.2.2 Livello di conoscenza dei concetti afferenti al paradigma Industry 4.0

Nella seconda sezione viene chiesto ai soggetti rispondenti di definire il loro livello di conoscenza delle tecnologie 4.0. In seguito viene domandato se sono informati riguardo a bandi o finanziamenti per lo sviluppo di tali tecnologie ed in particolare se sono al corrente dell'esistenza del piano per l'incentivazione dell'industria 4.0 (Piano Impresa 4.0) e se si sono avvalsi delle agevolazioni che offre. Successivamente verranno poste delle domande che mirano a valutare la disponibilità delle aziende a condividere determinati dati con servizi esterni in quanto richiesto dalla maggior parte delle applicazioni dell'industria 4.0. Viene chiesto se sono a conoscenza della normativa europea GDPR e che misure hanno adottato per adeguarsi. Viene chiesto se conoscono i criteri di sicurezza applicabili ai dati in ambito cybersecurity e che tecniche di protezione stanno utilizzando attualmente. Infine l'attenzione si sposta sulla tecnologia cloud e nello specifico viene domandato se ne hanno nozione, se ne stanno facendo uso e se ripongono fiducia nei servizi che offre o se diversamente preferiscono effettuare una gestione dei dati in house.

### 3.2.3 Livello effettivo di implementazione dei concetti di Industry 4.0

Nella terza sezione i soggetti rispondenti sono chiamati a selezionare da un elenco a scelta multipla le attività che ritengono fondamentali per il loro business tra:

- Produzione di piccoli lotti fortemente customizzati
- Automatizzazione dei processi produttivi
- Sostenibilità ambientale e risparmio energetico
- Manutenzione preventiva e predittiva
- Integrazione verticale
- Integrazione orizzontale
- Flessibilità organizzativa e predisposizione al cambiamento
- Uso di Robot collaborativi (COBOT)
- Raccolta e analisi di dati sulle attività in essere
- Attrarre risorse esperte
- Offerta di servizi in supporto ai prodotti fisici
- Allocazione di risorse ad attività di ricerca e sviluppo
- Formazione sul campo dei dipendenti su utilizzo e gestione dei nuovi strumenti digitali
- Progettazione dei prodotti assistita da calcolatore/strumenti di simulazione
- Formalizzazione di un approccio strategico per incentivare l'innovazione
- Attrarre manager per governare innovazione e digitalizzazione

Successivamente viene chiesto per ciascuna delle tecnologie afferenti all'industria 4.0 se sono interessati alla sua implementazione o se hanno già provveduto ad implementarla e in entrambi i casi i benefici desiderati tra:

- Aumento di efficienza
- Aumento di produttività
- Riduzione dei costi
- Aumento della trasparenza nelle attività svolte dai vari attori della filiera
- Interoperabilità tra i vari attori, sincronizzazione e scambio di informazioni
- Miglioramento del processo decisionale
- Riduzione delle tempistiche (es. time-to-market, set-up)
- Aumento dei profitti
- Aumento della qualità dei prodotti/processi
- Aumento di affidabilità dei prodotti/processi
- Realizzazione di prodotti customizzati in piccoli lotti
- Aumento della sicurezza dei lavoratori
- Livellamento dei carichi energetici e riduzione utilizzo di energia
- Maggiore soddisfazione dei consumatori
- Miglioramento del processo di controllo del ciclo di vita del prodotto

Infine viene chiesto se in azienda esiste un piano di innovazione strategica allo scopo di favorire l'innovazione.

### 3.2.4 Livello di conoscenza del paradigma Digital Twin per l'Industry 4.0

In questa sezione viene fornita una descrizione teorica del digital twin affinché i soggetti rispondenti possano indicare il loro livello di conoscenza in merito. Successivamente viene chiesto se reputano che il digital twin possa essere una tecnologia vantaggiosa per il loro business e nel caso in cui la risposta sia positiva viene domandato quali implementazioni della tecnologia potrebbero agevolare le loro attività giornaliere fra:

- Informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari o dell'intera linea produttiva
- Informazioni in tempo reale sulle attività svolte dai dipendenti
- Dati raccolti in Cloud e consultabili da qualsiasi computer connesso alla rete ed eventualmente da smartphone
- Possibilità di sfruttare i dati raccolti in tempo reale per effettuare delle simulazioni matematico-statistiche sui processi produttivi col fine di efficientare la produzione e le risorse impiegate
- Condividere alcune delle informazioni raccolte con i suoi fornitori al fine di schedulare meglio le proprie attività produttive
- Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte con i suoi clienti
- Possibilità di registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico tutte le lavorazioni o attività necessarie alla produzione ed eventualmente previste dal contratto
- Possibilità di ricevere suggerimenti e indicazioni automatici riguardo la conformità dei processi/lavorazioni rispetto alle norme ISO di settore
- Analisi predittive, sui dati raccolti, volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari

- Analisi predittive, sui dati raccolti, volte a segnalare l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo

Infine vengono poste delle domande che mirano ad indagare la propensione della PMI ad investire su tali implementazioni. Viene fatto un richiamo ai vantaggi ottenuti dalle aziende che avevano precedentemente investito nelle tecnologie dell'industria 4.0, nello specifico viene chiesto se hanno riscontrato dei miglioramenti effettivi anche in termini di aumento del fatturato e il payback period atteso.

### 3.2.5 Suggerimenti e spunti al fine di migliorare le indagini future

Questa sezione è atta a chiedere dei consigli ai soggetti rispondenti in merito alle domande presenti nel questionario, allo scopo di trovare nuovi spunti di riflessione per le interviste future. Ad esempio eventuali tematiche di interesse per la PMI che non sono state prese in considerazione o sono state poco approfondite. Analogamente potrebbero non apprezzare la struttura o la lunghezza del questionario, o potrebbero preferire modalità di somministrazione diverse (tramite telefono o contatto personale). Tutte le informazioni raccolte in questa sezione verranno utilizzate per migliorare le interviste future e rendendole più attrattive.

### 3.2.6 Recapiti dell'Azienda rispondente

Infine l'ultima sezione verrà impiegata per domandare ai soggetti rispondenti i loro recapiti, e nello specifico per poter inviargli i risultati dell'analisi condotta ed includerli nelle indagini future.

## 3.3 Questionario: Tipologia di Domande

Nel questionario è possibile trovare quattro categorie di domande:

- Domande a risposta singola
- Domande a risposta multipla
- Domande a risposta aperta

- Domande basate sulla scala Likert

La scala Likert è costituita da una serie di item semanticamente associati agli atteggiamenti su cui si vuole investigare. Il seguente questionario contiene quattro domande basate sulla scala Likert, a cui è possibile rispondere scegliendo un item per ogni opzione. Gli item utilizzati nelle quattro domande sono:

- 1) Molto basso, Basso, Medio, Alto, Molto Alto
- 2) Inaccessibile, Parzialmente accessibile su richiesta, Totalmente accessibile su richiesta, Libero accesso.
- 3) Non di interesse, Di interesse ma non ancora implementata, È nei piani, Implementata
- 4) Per nulla importante, Poco importante, Mediamente importante, Importante, Molto importante, Non applicabile.

Affinché i dati raccolti possano essere analizzati tramite appositi software statistici è necessario convertire le risposte alle domande basate sulla scala Likert in numeri, vale a dire che ad esempio gli item Molto basso, Basso, Medio, Alto, Molto Alto verranno interpretati come 1,2,3,4,5.

### 3.4 Questionario: Selezione del Campione

Oggetto dell'indagine saranno le PMI italiane attive nel settore manifatturiero. Dapprima si è proceduto filtrando dal database di Aida i Codici Ateco e le informazioni relative a tutte le imprese con numero di dipendenti compreso tra 0 e 250 che operano in ambiti in cui l'attività principale prevede la produzione e trasformazione di prodotti fisici.

Dalle 23.950 PMI rilevate, è stato selezionato un gruppo di 10.000 imprese cui inviare il questionario per e-mail. È stato possibile collezionare le risposte di 32 piccole e medie imprese, di seguito verrà effettuata un'analisi dettagliata dei risultati riscontrati.

## 3.5. Questionario: Risultati

### 3.5.1 Identificazione dell'azienda rispondente

I settori di appartenenza delle 32 aziende che hanno preso parte al questionario sono:

- Edilizia
- Elettronica
- Automotive
- Metalmeccanico
- Farmaceutico, Sanitario, Biotech
- Chimica e Materiali
- ICT
- Tessile
- Food and Beverage
- Lusso e Gioielleria
- Other

Come si evince dalla figura 45, in quest'indagine vi saranno due settori maggiormente rappresentati, ovvero "Metalmeccanico" e "Chimica e Materiali".

## SETTORI DI APPARTENENZA DELLE AZIENDE

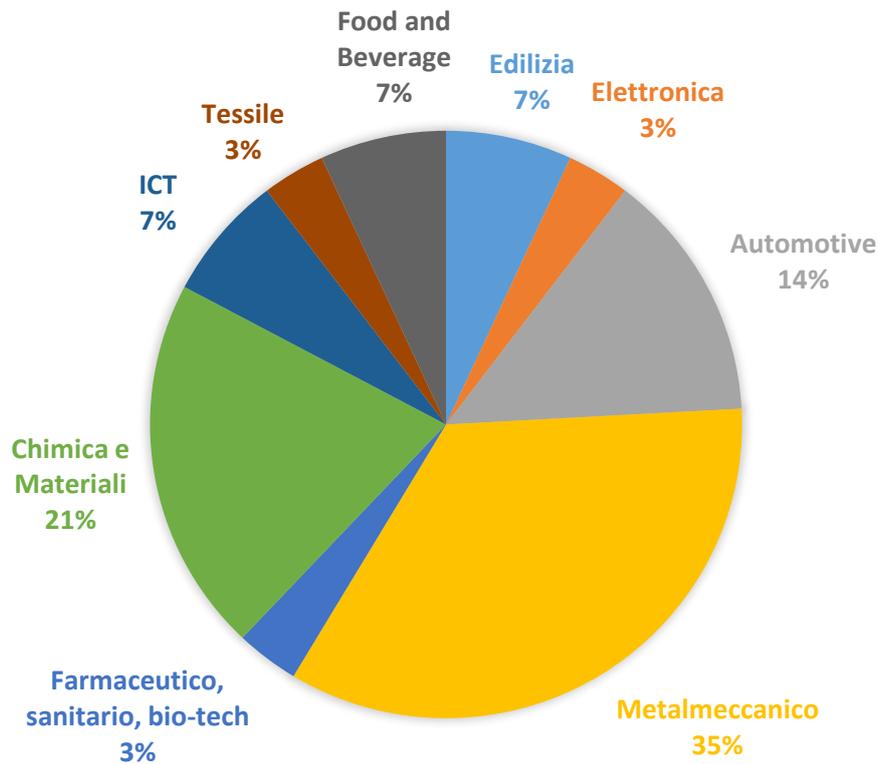


Figura 45: Settori di Appartenenza delle Aziende (Elaborazione Propria)

Il rispondente al questionario varia a seconda dell'azienda. Nella maggior parte dei casi la posizione che questo ricopre nell'organigramma aziendale è "Amministratore Delegato" o "Responsabile Amministrativo". Nel restante 72% dei casi il rispondente è il Titolare, un Socio, o una figura dirigenziale che rappresenterà sempre l'interesse dell'azienda verso l'innovazione tecnologica.

## POSIZIONE RICOPERTA DAL RISPONDENTE

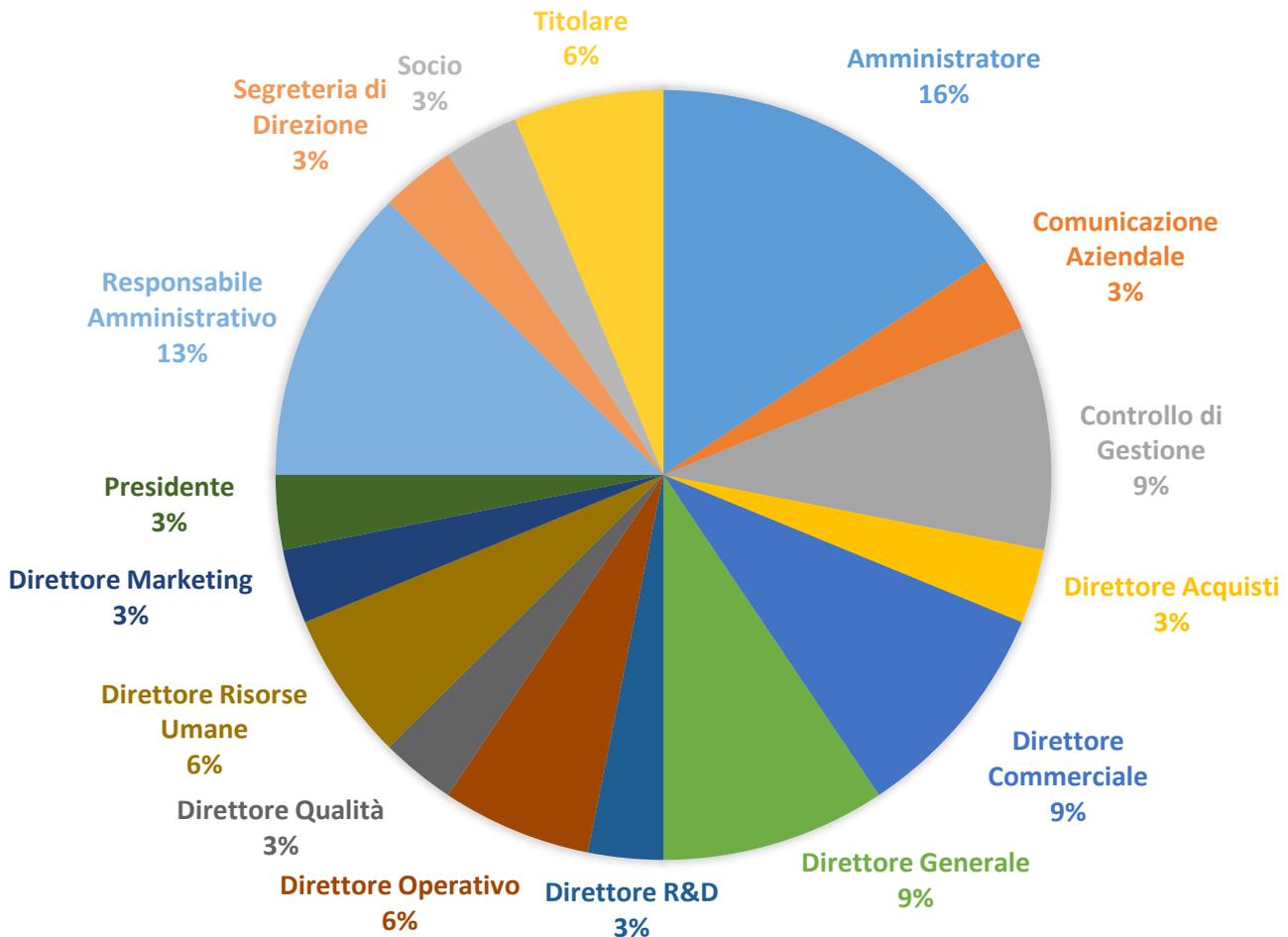
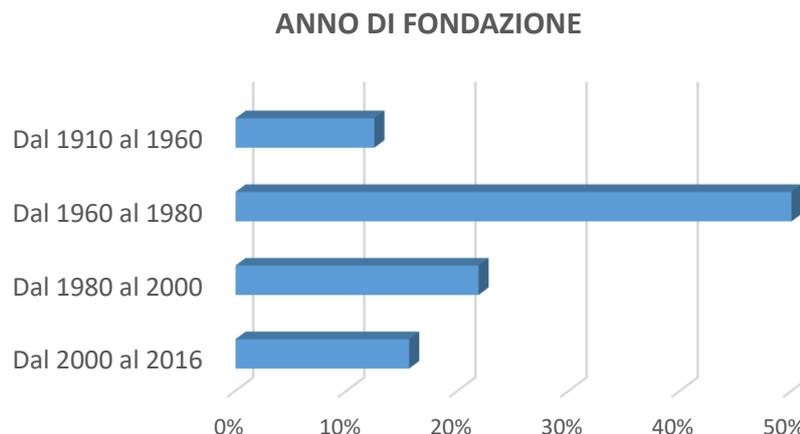


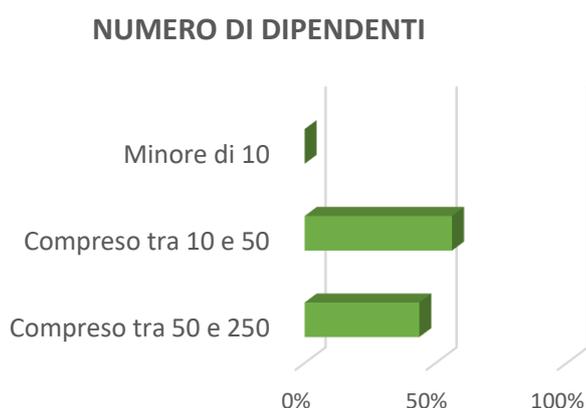
Figura 46: Posizione Ricoperta dal Rispondente (Elaborazione Propria)

Le aziende del campione sono state fondate in orizzonti temporali differenti. Nello specifico il 12% delle aziende nasce tra il 1910 e il 1960, assumendo il connotativo di azienda storica, il 50% tra il 1960 e il 1980, il 22% tra il 1980 e il 2000 ed infine l'16% è rappresentato da aziende giovani fondate tra il 2000 e il 2016.

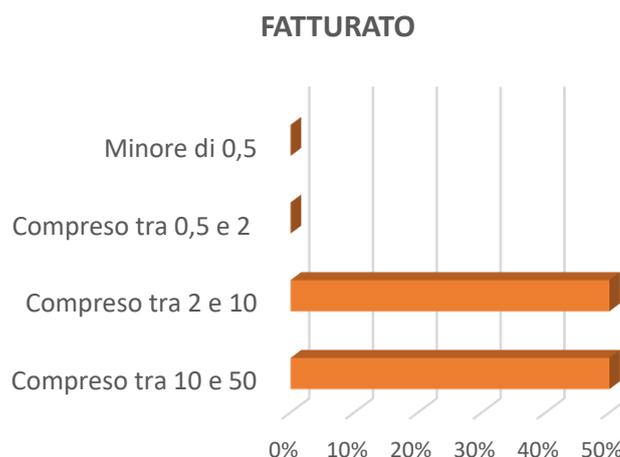


*Figura 47: Anno di Fondazione (Elaborazione Propria)*

Queste aziende, come anticipato precedentemente, sono di dimensioni piccole e medie, ed in particolare il 50% del campione risulta appartenere alla categoria delle piccole imprese disponendo di un numero di dipendenti compreso tra 10 e 50 e avendo un fatturato annuo inferiore ai 10 milioni di euro. Il 44% rientra nella categoria delle medie imprese, con un numero di dipendenti compreso tra 50 e 250 ed un fatturato annuo minore di 50 milioni di euro. Un restante 6% è formato da aziende il cui numero di dipendenti è compreso tra 10 e 50, ma che vantano un fatturato compreso tra i 10 e i 50 milioni di euro.



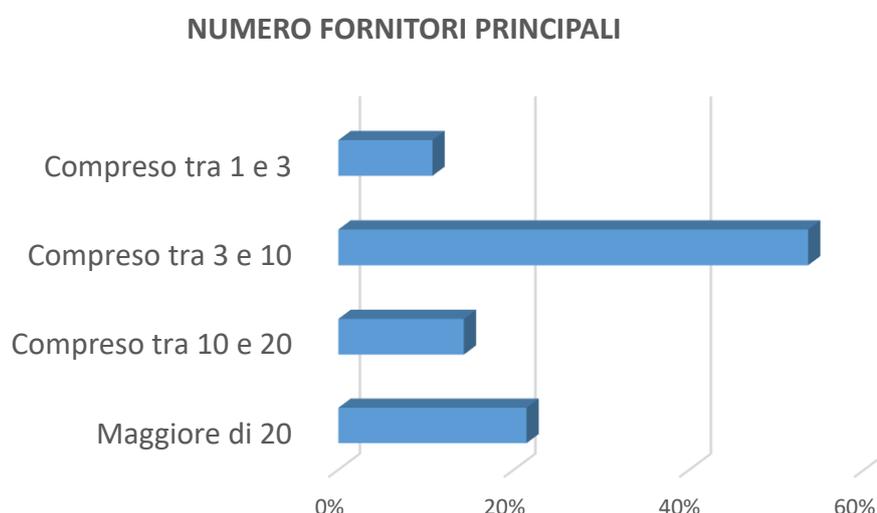
*Figura 48: Numero di Dipendenti (Elaborazione Propria)*



*Figura 49: Fatturato (Elaborazione Propria)*

Le attività commerciali svolte dalle PMI prevedono nel 41% dei casi la vendita diretta dei prodotti e nel 59% la vendita su commessa. Inoltre il 28% delle imprese serve esclusivamente il mercato nazionale, allo stesso modo si riscontra una percentuale pari al 31% che serve il mercato estero, infine il 41% opera in entrambi i mercati.

In merito alla gestione della supply chain, emerge che l'88% delle aziende ha uno o più fornitori principali che garantiscono almeno il 30% delle materie prime o dei componenti. Ed in particolare l'11% ha un numero di fornitori principali compreso tra 1 e 3, il 54% tra 3 e 10, il 14% tra 10 e 20 e il 21% maggiore di 20.



*Figura 50: Numero Fornitori Principali (Elaborazione Propria)*

Il 66% delle aziende ha come cliente principale una grande impresa, il 34% un'altra PMI e il 13% delle aziende un Retail. Inoltre viene chiesto ai rispondenti di indicare quanta percentuale del fatturato dipende dai clienti chiave dell'azienda. Si evince che l'88% delle aziende ha dei clienti chiave che rappresentano una percentuale significativa del fatturato. Nell'25% dei casi tale percentuale è minore del 25%, nel 39% è compresa tra il 25% e il 50%, nell'22% dei casi è compresa tra il 50% e il 75% e nell'14% dei casi è maggiore del 75%.

### NUMERO DI CLIENTI CHIAVE

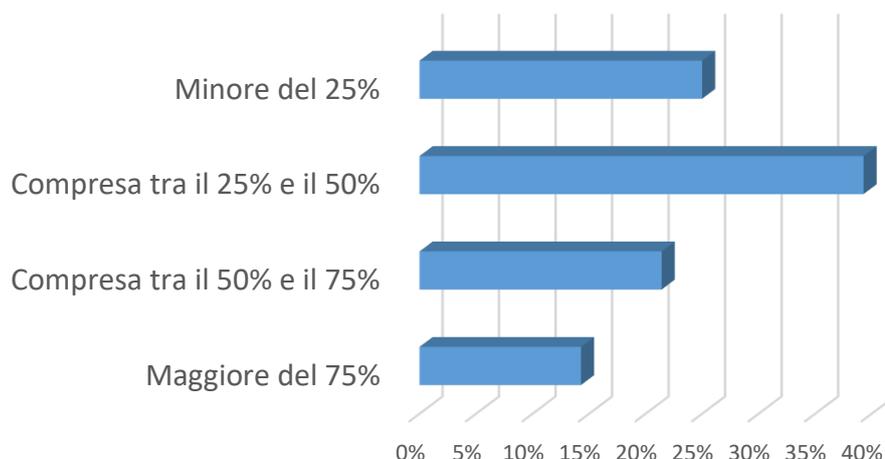


Figura 51: Numero Clienti Chiave (Elaborazione Propria)

Il 34% delle aziende coinvolte nell'indagine detiene una quota di mercato a livello nazionale inferiore al 5%, il 9% possiede una quota compresa tra il 5% e il 10%, il 16% tra il 10% e il 20%, il 9% tra il 30% e il 50% ed infine una percentuale pari al 31% delle aziende non è in grado di rispondere.

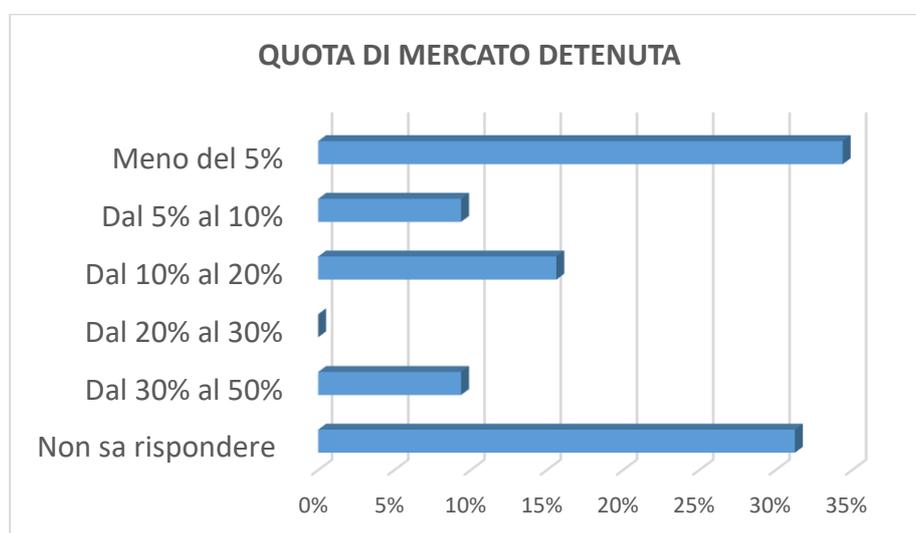


Figura 52: Quota di Mercato Detenuta (Elaborazione Propria)

Per quanto riguarda gli aspetti produttivi risulta che il 35% delle aziende è soggetto a picchi di domanda imprevisti e il 31% a picchi di domanda stagionali. Per far fronte a questi fenomeni nel 29% dei casi viene sfruttata la capacità produttiva inutilizzata in normali condizioni lavorative, nel 57% dei casi si aumenta la capacità produttiva assumendo nuova forza lavoro e pianificando nuovi turni di lavoro, nel 14% dei casi si esternalizza parte della produzione.

L'ultima domanda che viene posta ai rispondenti in questa sezione è volta ad indagare la partecipazione delle aziende ad iniziative sullo sviluppo ed innovazione. Dalle risposte ottenute si evince che il 44% del campione non ha mai preso parte ad iniziative del genere.

### 3.5.2 Livello di conoscenza dei concetti afferenti al paradigma Industry 4.0

In questa sezione viene inizialmente chiesto ai rappresentanti dell'azienda se hanno mai sentito parlare di Industria 4.0 e nel caso in cui replichino affermativamente, viene domandato attraverso quali canali. Si constata che il 94% del campione conosce la nuova tendenza industriale principalmente grazie ad articoli sul web (56%), ai seminari, le conferenze e le fiere organizzate dalle associazioni di categoria (53%). Inoltre il 41% è venuto a conoscenza di tale paradigma attraverso il cosiddetto passaparola di settore, il 31% attraverso riviste scientifiche e il 6% risponde di non ricordare come. A questo punto il rispondente viene interrogato riguardo il livello di conoscenza delle tecnologie abilitanti dell'industria 4.0 all'interno dell'azienda.

## LIVELLO DI CONOSCENZA DELLE TECNOLOGIE 4.0

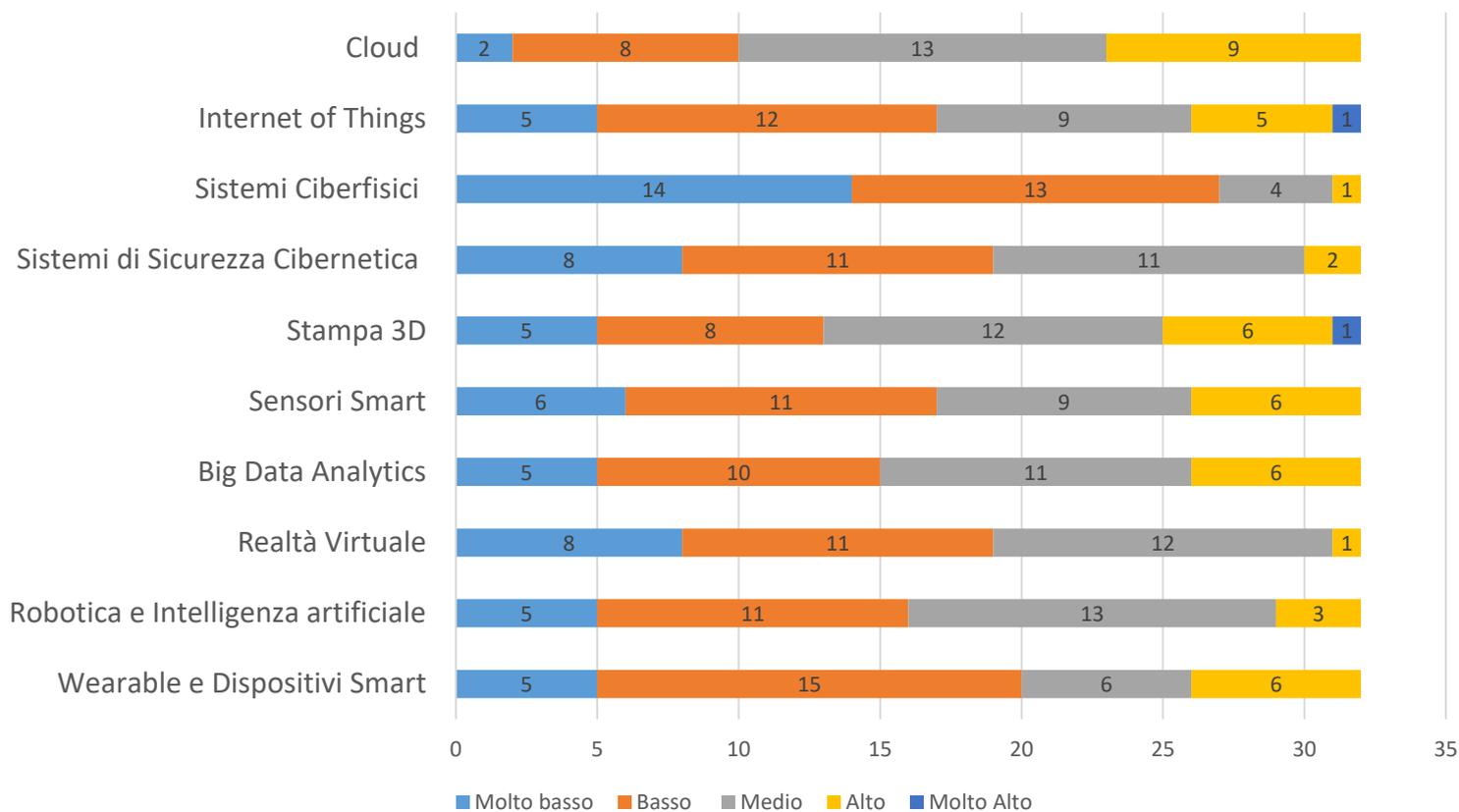


Figura 53: Livello di conoscenza delle Tecnologie 4.0 (Elaborazione Propria)

Osservando la figura 53 è possibile desumere che il Cloud è la tecnologia più conosciuta tra le aziende intervistate. Al secondo posto della classifica figura la Stampa 3D, seguita dal processo di Big Data Analytics. Le tecnologie Internet of Things e Sensori Smart si posizionano rispettivamente al 4° e 5° posto. Invece la Robotica e l'Intelligenza Artificiale si aggiudicano il sesto posto. In fondo alla classifica si trovano: Wearable e Dispositivi Smart, Sistemi di Sicurezza Cibernetica e Realtà Virtuale. Infine l'ultimo posto è occupato dai Sistemi Ciberfisici.

Successivamente viene chiesto ai rispondenti se sono al corrente di finanziamenti o bandi a favore dello sviluppo tecnologico e dell'implementazione delle tecnologie 4.0. Dall'analisi delle risposte si

evince che solo il 47% del campione ha nozione dell'esistenza di alcune agevolazioni quali:

- Iper ammortamento
- Super ammortamento
- Nuova Sabatini
- Piano nazionale Impresa 4.0
- Piani regionali
- National Innovation Award

In seguito viene domandato se l'azienda ha usufruito degli incentivi proposti dal piano Impresa 4.0. Dalle risposte raccolte è possibile constatare che solo il 31% del campione è riuscito a beneficiarne.

Si è pensato di rivolgere ai rispondenti una serie di domande per investigare la propensione dell'azienda a condividere i propri dati sensibili con servizi esterni in quanto previsto dalla maggior parte delle applicazioni dell'industria 4.0. In primo luogo viene domandato se sono a conoscenza della normativa europea sulla gestione dei dati (GDPR). Il 78% del campione è informato sulla GDPR e ha messo o intende mettere in atto delle misure per adeguarsi a tale normativa. In particolare, si prediligono le seguenti misure: "Informare l'utente/cliente riguardo alle finalità del trattamento dei suoi dati personali e la profilazione alla quale sarà soggetto" nel 56% dei casi, "Fornire strumenti di consenso aggiornati con le nuove normative" nel 53%, "Monitorare costantemente la gestione agli accessi e i permessi ai dati" e "Gestire un archivio di dati sensibili in un luogo molto sicuro" a pari merito nel 28% dei casi. Infine riscuotono meno successo le misure: "Garantire un alto livello di protezione e sicurezza per i dati che varcano i confini nazionali", scelta dal 16% del campione e "Assumere un DPO", dal 12%.

Da quest'analisi emerge che il 50% delle aziende non permetterebbe l'accesso ai propri dati, che il 34% considera la possibilità di condividerli in parte e che il restante 16% sarebbe disposta a condividerli interamente.

L'elevata percentuale di diniego deriva principalmente dalla convinzione che i dati siano personali dell'azienda e nessun'altro possa accedervi. Il 38% di coloro che hanno risposto negativamente non vede un vantaggio economico nella condivisione dei dati, il 31% invece teme per la loro sicurezza. Infine il 13% è diffidente nei confronti di chi li gestirà una volta condivisi.

### MOTIVI PER CUI L'AZIENDA DECIDE DI NON CONDIVIDERE I DATI

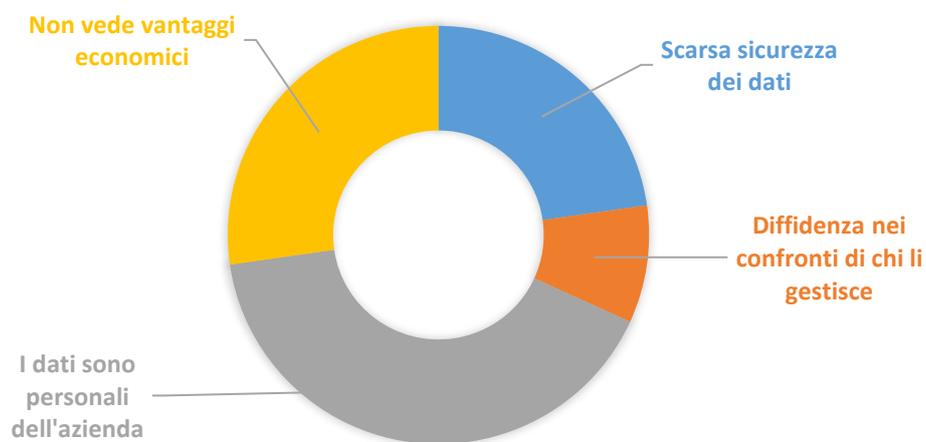


Figura 54: Motivi per cui l'azienda decide di non condividere i Dati (Elaborazione Propria)

Successivamente viene chiesto alla percentuale del campione che condividerebbe in parte i propri dati quale grado di accessibilità da esterni reputa adeguato in relazione a:

- Dati legati alla logistica
- Dati legati a specifiche di produzione
- Dati di monitoraggio del flusso di produzione
- Dati di profilo cliente

Si evince che sebbene parzialmente o su richiesta, tutte le aziende sarebbero disposte a condividere i dati logistici, l'82% consentirebbe l'accesso ai dati sul monitoraggio del flusso di produzione, il 64% fornirebbe

i dati sulle specifiche di produzione. Infine, nessuna di queste aziende valuta positivamente la possibilità di condividere i dati sul profilo dei clienti.

A questo punto viene domandato ai partecipanti al questionario se sono a conoscenza delle tecniche per la protezione dei dati in ambito Cybersecurity. Il 65% del campione risponde di essere al corrente dell'esistenza di tali tecniche, ma solo una percentuale pari al 15% dichiara di aver predisposto un programma di formazione per i dipendenti.

Inoltre si è indagato sul livello di conoscenza e di applicazione dei servizi Cloud nelle 32 realtà aziendali. L'84% del campione conosce questa tecnologia e il 34% attualmente adotta soluzioni Cloud nelle attività di business. Si presume che a causa di una conoscenza superficiale in materia il 50% delle aziende non risulti disponibile alla condivisione dei propri dati per servizi Cloud.

### 3.5.3 Livello effettivo di implementazione dei concetti di Industry 4.0

In questa sezione i rispondenti sono chiamati a selezionare da un elenco le attività che ritengono importanti per il loro business.

Al 1° posto tra le attività ritenute importanti figura l'automatizzazione dei processi produttivi, poiché scelta dal 75% del campione. L'attività "Sostenibilità ambientale e risparmio energetico" si posiziona al secondo posto essendo stata definita importante dal 69% del campione. Segue la Flessibilità organizzativa e la predisposizione al cambiamento, in quanto selezionata dal 56% delle aziende. Il 53% delle aziende considera importante la formalizzazione di un approccio strategico per incentivare l'innovazione. La manutenzione preventiva e predittiva e la Raccolta e analisi di dati sulle attività in essere occupano rispettivamente al 5° e 6° posto in classifica. Le attività "Allocazione di risorse ad attività di ricerca" e "Formalizzazione di un approccio strategico per incentivare l'innovazione" vengono scelte a pari merito dal 38% delle aziende. "Attrarre risorse

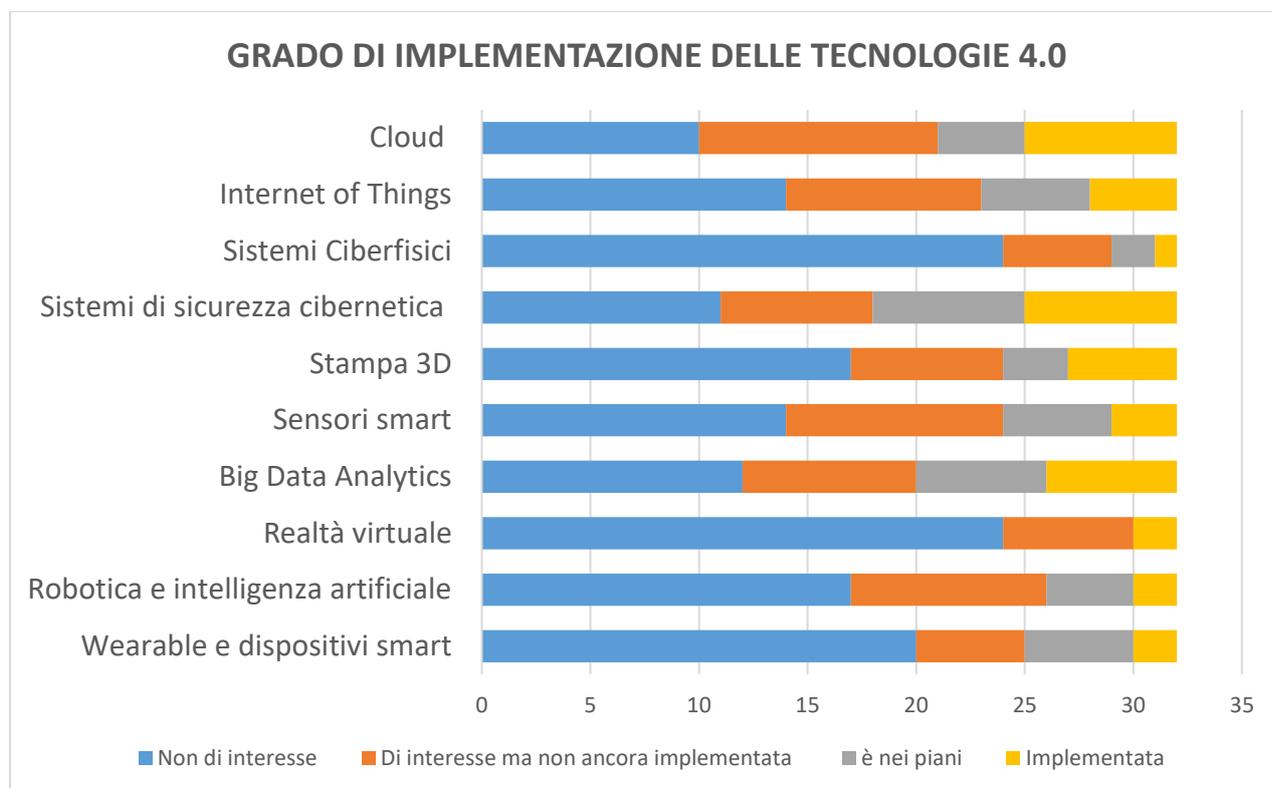
esperte in STEM”, “Produzione di piccoli lotti fortemente customizzati” e “Offerta di servizi in supporto ai prodotti fisici” si classificano al 7° posto.

Invece investire in attività quali “Progettazione dei prodotti assistita da calcolatore/strumenti di simulazione”, “Uso di Robot collaborativi” e “Integrazione verticale” non risulta essere una priorità per le aziende. Infine le attività “Attrarre manager per governare innovazione e digitalizzazione” ed “Integrazione orizzontale” non vengono repute sufficientemente utili.

Attività ritenute importanti per il business di impresa	Classifica
Automatizzazione dei processi produttivi	1°
Sostenibilità ambientale e risparmio energetico	2°
Flessibilità organizzativa e predisposizione al cambiamento	3°
Formazione sul campo dei dipendenti su utilizzo e gestione dei nuovi strumenti digitali	4°
Manutenzione preventiva e predittiva	5°
Raccolta e analisi di dati sulle attività in essere	6°
Allocazione di risorse ad attività di ricerca e sviluppo	7°
Formalizzazione di un approccio strategico per incentivare l'innovazione	7°
Attrarre risorse esperte in STEM	8°
Produzione di piccoli lotti fortemente customizzati	8°
Offerta di servizi in supporto ai prodotti fisici	8°
Progettazione dei prodotti assistita da calcolatore/strumenti di simulazione	9°
Uso di Robot collaborativi (COBOT)	10°
Integrazione verticale	10°
Attrarre manager per governare innovazione e digitalizzazione	11°
Integrazione orizzontale	12°

*Figura 55: Attività ritenute importanti per il Business di Impresa (Elaborazione Propria)*

Viene a questo punto effettuata una valutazione sull'effettiva implementazione delle tecnologie 4.0 nelle aziende.



*Figura 56: Grado di implementazione delle Tecnologie 4.0 (Elaborazione Propria)*

Analizzando le risposte ricevute emerge che le tecnologie più implementata sono i Cloud e i Sistemi di sicurezza Cibernetica poiché già adottate dal 22% del campione. Seguite dalla dal Big Data Analytics e dalla Stampa 3D e, già in uso rispettivamente all'interno degli stabilimenti produttivi del 19% e del 16% delle aziende. Invece l'implementazione dell'Internet of Things e dei Wearable e dispositivi smart rientra nei piani futuri del 16% delle aziende. Tra le tecnologie di interesse ma non ancora implementate figurano i Sensori Smart, ritenuti utili dal 31% del campione e la Robotica dal 28%. Infine i Sistemi Ciberfisici e la Realtà virtuale vengono considerati dal 75% delle aziende tecnologie poco interessanti per le attività di business.

Successivamente viene chiesto ai rispondenti di scegliere da un elenco i benefici che si attendono dalle tecnologie 4.0 già implementate e da quelle che sarebbero disposti ad implementare.

<b>Benefici attesi dall'implementazione delle tecnologie 4.0</b>	<b>Classifica</b>
Aumento di efficienza	1°
Aumento della qualità dei prodotti/processi	2°
Riduzione delle tempistiche	3°
Aumento di produttività	4°
Aumento di affidabilità dei prodotti/processi	4°
Aumento della sicurezza dei lavoratori	5°
Riduzione dei costi	5°
Maggiore soddisfazione dei consumatori	6°
Aumento dei profitti	7°
Miglioramento del processo di controllo del ciclo di vita del prodotto	8°
Miglioramento del processo decisionale	8°
Livellamento dei carichi energetici e riduzione utilizzo di energia	9°
Realizzazione di prodotti customizzati in piccoli lotti	10°
Aumento della trasparenza nelle attività svolte dai vari attori della filiera	11°
Interoperabilità tra i vari attori, sincronizzazione e scambio di informazioni	11°

*Figura 57: Benefici Attesi dall'implementazione delle Tecnologie 4.0  
(Elaborazione Propria)*

Si evince che la maggior parte delle aziende, ovvero l'81%, si aspetta di ottenere un incremento dell'efficienza con l'introduzione in fabbrica di tali tecnologie. Al 2° posto tra i benefici attesi vi è l'incremento della qualità dei prodotti/processi. Invece la riduzione delle tempistiche, per esempio di set up o di time to market, si classifica in terza posizione. I benefici "Aumento della produttività" e "Aumento dell'affidabilità dei prodotti/processi" vengono selezionati a pari merito dal 59% delle aziende. È interessante notare come la riduzione dei costi e l'aumento dei profitti non vengano considerati dalle aziende tra i benefici principali. Le ultime due posizioni sono occupate da "Aumento della trasparenza nelle attività svolte dai vari attori della filiera" e "Interoperabilità tra i vari attori", selezionati dal 12% delle aziende. Viene posta una domanda per indagare l'esistenza in azienda di un piano strategico formalizzato al fine di favorire l'innovazione. Risulta che solo il 25% delle aziende possiede un piano strategico attualmente in atto, che il 47% lo sta elaborando e che il 28% non lo possiede.

### 3.5.4 Livello di conoscenza del paradigma Digital Twin per l'Industry 4.0

In questa sezione viene fornita ai rispondenti una breve descrizione di Digital Twin perché sappiano indicare se conoscono o meno tale tecnologia. A questa domanda solo il 19% dei rispondenti replica in modo affermativo. In seguito viene domandato se reputano utili le principali applicazioni del Digital Twin per il business dell'azienda, e nel caso in cui rispondano "sì" sono chiamati a valutare l'importanza di una serie di altre possibili applicazioni della tecnologia. Si evince che il 78% del campione ritiene le principali applicazioni del DT vantaggiose.

#### APPLICAZIONI DEL DIGITAL TWIN

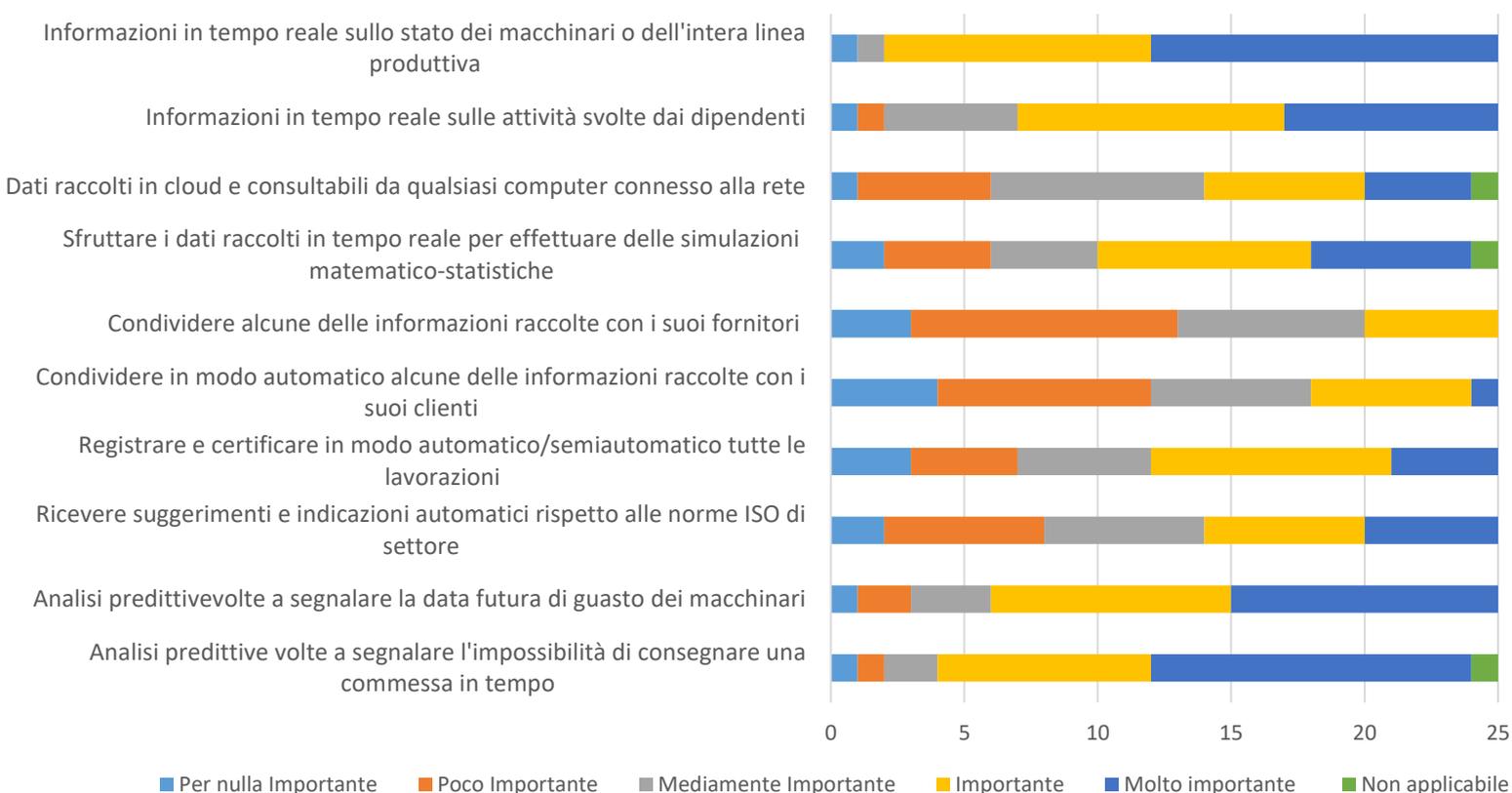


Figura 58: Applicazioni del Digital Twin (Elaborazione Propria)

Il 92% di coloro che hanno risposto affermativamente considera importante o molto importante disporre di informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari o dell'intera linea produttiva. Il 80% e il 76% delle aziende vorrebbero essere in possesso rispettivamente di analisi predittive che segnalino l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo e di analisi predittive che segnalino la data futura di guasto dei macchinari. Il 72% ritiene fondamentali le informazioni sulle attività svolte dai dipendenti. Il 56% valuta positivamente la possibilità di sfruttare i dati raccolti in tempo reale per effettuare delle simulazioni matematico-statistiche sui processi produttivi col fine di efficientare la produzione e le risorse impiegate. Inoltre il 52% delle aziende vorrebbe avere la possibilità di registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico tutte le lavorazioni o attività necessarie alla produzione. Applicazioni quali la possibilità di ricevere suggerimenti e indicazioni automatici riguardo la conformità dei processi /lavorazioni rispetto alle norme ISO di settore e la possibilità di poter consultare i dati raccolti in Cloud da qualsiasi computer connesso alla rete ed eventualmente da smartphone non hanno riscosso particolare successo infatti la prima è stata ritenuta importante dal 44% delle aziende, la seconda dal 40%. Infine non hanno attirato l'attenzione dei rispondenti le applicazioni riguardanti la condivisione delle informazioni raccolte con clienti e fornitori, dall'analisi dei risultati emerge che solo un percentuale di aziende pari al 20% considera utili queste implementazioni del digital twin.

Le aziende vengono informate del fatto che tutti i benefici del Digital Twin sono oggetto di incentivi statali, e successivamente si indaga sulla loro predisposizione ad investire sulle implementazioni precedentemente commentate. Il 9% delle aziende prevede di implementare il Digital Twin entro un breve periodo, il 72% è interessato ma preferirebbe vedere i risultati di casi studio che lo implementano, il 19% invece non la reputa una tecnologia utile.

Inoltre il 69% del campione dichiara di avere effettuato investimenti in Industria 4.0 negli ultimi 3 anni, di cui il 59% ha avuto dei miglioramenti effettivi anche in termini di aumento del fatturato.

Infine viene chiesto a coloro che hanno investito o che pensano di investire in Industria 4.0 in che lasso di tempo si aspettano di avere un ritorno economico. Il 19% dei rispondenti si attende un payback period di durata non superiore ai 18 mesi, il 69% ritiene necessario attendere dai 3 ai 5 anni prima di ottenere un guadagno netto, il 12% invece crede di dover attendere più di 5 anni.

### 3.5.5 Settore Metalmeccanico

Dal momento che la maggior parte delle aziende che hanno partecipato al questionario appartiene al settore metalmeccanico, si è pensato di realizzare uno studio più approfondito focalizzandosi unicamente sulle risposte date da queste ultime.

### 3.5.5.1 Analisi incrociata tra Attività Importanti e Benefici Attesi

L'analisi incrociata delle risposte collezionate nelle domande "Attività ritenute importanti per il business dell'azienda" e "Benefici attesi dalle tecnologie 4.0 implementate e da quelle che si intende implementare" restituisce dei risultati interessanti.

Attività Importanti	Benefici Attesi														
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	6°	6°	7°	7°	7°	8°	8°	9°	9°
Automatizzazione dei processi produttivi	1°	Verde	Verde	Giallo	Giallo										Rosso
Formazione sul campo dei dipendenti strumenti digitali	1°	Verde													
Flessibilità organizzativa e predisposizione al cambiamento	1°														
Manutenzione preventiva e predittiva	2°	Verde	Verde								Rosso				
Allocazione di risorse ad attività di ricerca e sviluppo	2°														
Sostenibilità ambientale e risparmio energetico	3°														Rosso
Raccolta e analisi di dati sulle attività in essere	3°								Giallo			Rosso			
Attrarre risorse esperte in STEM	4°														
Formalizzazione di un approccio strategico	4°								Giallo						
Produzione di piccoli lotti fortemente customizzati	5°										Giallo				Rosso
Integrazione verticale	6°														
Offerta di servizi in supporto ai prodotti fisici	6°										Verde				
Uso di Robot collaborativi (COBOT)	7°					Giallo									
Attrarre manager per governare innovazione	7°														
Integrazione orizzontale	7°											Verde	Verde		
Progettazione dei prodotti con strumenti di simulazione	7°		Rosso	Rosso											

Figura 59: Analisi incrociata tra Attività Importanti e Benefici Attesi settore Metalmeccanico (Verde=Match esatto, Giallo=Match parziale, Rosso=Match scarso) (Elaborazione Propria)

Come si evince dalla figura 59, al 1° posto tra le attività ritenute importanti dalle aziende che operano nel settore Metalmeccanico figurano l'automatizzazione dei processi produttivi, la formazione dei dipendenti sull'utilizzo dei nuovi strumenti digitali e la flessibilità organizzativa e predisposizione al cambiamento. I benefici generati dall'automatizzazione combaciano con la riduzione del lead time, l'abbattimento dei costi e il

raggiungimento degli standard di qualità ricercati dai clienti. Ciò si traduce in un processo produttivo più efficiente e veloce. Il matching che si riscontra tra l'attività e i benefici "Aumento dell'efficienza" e "Riduzione delle tempistiche" risulta esatto, in quanto anche questi ultimi occupano le prime posizioni nella rispettiva classifica. Al contrario si osserva un matching parziale con i benefici "Aumento della qualità dei prodotti/processi", al 3° posto nella classifica e "Aumento di affidabilità dei prodotti/processi", al 4°. La riduzione dei costi, l'aumento di produttività e la realizzazione di lotti customizzati, rispettivamente al 6°, 7° e 9° posto tra i benefici attesi, vedono un match scarso con l'automatizzazione. L'attività "Formazione dei dipendenti sull'utilizzo dei nuovi strumenti digitali", come si osserva dal grafico, genera il beneficio "Aumento dell'efficienza", e il matching che si instaura è di tipo esatto. La manutenzione preventiva e predittiva, al 2° posto della classifica, vede un matching esatto con "Aumento dell'efficienza" e "Riduzione delle tempistiche", che si posizionano al 1° e 2° posto tra i benefici attesi. Invece l'aumento della produttività, ulteriore beneficio che deriva dalla manutenzione preventiva e predittiva occupa il 7° posto in classifica, rivelando un matching scarso. Sostenibilità ambientale e risparmio energetico e Livellamento dei carichi energetici e riduzione dell'utilizzo di energia presentano un matching limitato in quanto la prima figura al 3° posto tra le attività importanti e il secondo al 9° tra i benefici attesi. La raccolta e l'analisi dei dati, al 3° posto della classifica, permette il monitoraggio in real time di tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto e di conseguenza una presa di decisioni più informata. Tuttavia si evince un matching scarso con il miglioramento del processo di controllo del PLC che si posiziona al 7° posto tra i benefici attesi e un matching parziale con il miglioramento del processo decisionale al 6°. La formalizzazione di un approccio strategico per incentivare l'innovazione si declina nell'aumento dei profitti, analizzando i risultati emerge però che tra questi si instaura solo un match parziale. L'attività "Produzione di lotti customizzati", al 5° della classifica, è strettamente legata ai benefici "Realizzazione di lotti customizzati" e "Maggiore soddisfazione dei

consumatori”, nonostante questi occupino rispettivamente la 7° e 9° posizione. Nelle ultime posizioni tra le attività ritenute importanti si trova l’integrazione orizzontale, che vede un matching esatto con “Interoperabilità tra i vari attori, sincronizzazione e scambio di informazioni” e “Aumento della trasparenza nelle attività svolte dai vari attori della filiera”, benefici che occupano l’8° posto nella classifica. “Offerta di servizi in supporto ai prodotti fisici” ottiene un matching esatto con “Maggiore soddisfazione dei consumatori”, infatti la prima figura al 6° posto, il secondo al 7°. L’utilizzo di Robot collaborativi, si traduce nell’aumento della sicurezza dei lavoratori, nonostante occupino posizioni diverse nelle due classifiche. La Progettazione dei prodotti assistita da calcolatore o strumenti di simulazione, al 7° posto tra le attività ritenute importanti, vede un matching negativo con i benefici “Riduzione delle tempistiche” e “Aumento della qualità dei prodotti/processi”, in quanto questi si posizionano rispettivamente al 2° e al 3° posto.

### 3.5.5.2 Classifica delle Applicazioni del Digital Twin

La classifica delle applicazioni del Digital Twin ritenute maggiormente importanti subisce delle modifiche nell’ordinamento se ci si focalizza sul settore Metalmeccanico. In particolare vengono riportate la classifica ottenuta tenendo in considerazione l’intero campione e una seconda classifica che include esclusivamente le risposte date dalle aziende appartenenti al settore Metalmeccanico.

Applicazioni del Digital Twin - Intero Campione	Classifica
Informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari o dell'intera linea produttiva	1°
Analisi predittive volte a segnalare l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo	2°
Analisi predittive volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari	3°
Informazioni in tempo reale sulle attività svolte dai dipendenti	4°
Sfruttare i dati raccolti per effettuare delle simulazioni matematico-statistiche	5°
Dati raccolti in cloud e consultabili da qualsiasi computer connesso alla rete	6°
Registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico tutte le lavorazioni	6°
Ricevere suggerimenti e indicazioni automatici rispetto alle norme ISO di settore	7°
Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte con i suoi clienti	8°
Condividere alcune delle informazioni raccolte con i suoi fornitori	9°

Figura 60: Applicazioni del DT – Intero Campione (Elaborazione Propria)

Applicazioni del Digital Twin - Settore Metalmeccanico	Classifica
Informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari o dell'intera linea produttiva	1°
Informazioni in tempo reale sulle attività svolte dai dipendenti	2°
Analisi predittive volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari	2°
Analisi predittive volte a segnalare l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo	3°
Sfruttare i dati raccolti per effettuare delle simulazioni matematico-statistiche	4°
Dati raccolti in cloud e consultabili da qualsiasi computer connesso alla rete	5°
Registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico tutte le lavorazioni	6°
Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte con i suoi clienti	7°
Ricevere suggerimenti e indicazioni automatici rispetto alle norme ISO di settore	7°
Condividere alcune delle informazioni raccolte con i suoi fornitori	8°

*Figura 61: Applicazioni del DT – Settore Metalmeccanico (Elaborazione Propria)*

Ricevere informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari o dell'intera linea produttiva si riconferma l'applicazione maggiormente prediletta dalle aziende in termini di importanza. Allo stesso modo, in entrambe le classifiche, l'applicazione considerata meno utile risulta essere la condivisione delle informazioni raccolte con i fornitori al fine di schedulare meglio le attività produttive. L'applicazione "Informazioni in tempo reale sulle attività svolte dai dipendenti" slitta dal 4° al 2° posto nella nuova classifica. Invece le applicazioni "Analisi predittive volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari" e "Analisi predittive volte a segnalare l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo" vengono invertite di posizione ricoprendo adesso rispettivamente il 2° e 3° posto. Per quanto riguarda la possibilità di sfruttare i dati raccolti in tempo reale per effettuare delle simulazioni matematico-statistiche si verifica un passaggio dalla quinta alla quarta posizione. L'applicazione "Dati raccolti in Cloud e consultabili da qualsiasi computer connesso alla rete" dall'6° si sposta al 5° posto. La Possibilità di registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico tutte le lavorazioni o attività necessarie alla produzione è ritenuta parzialmente importante posizionandosi in entrambe le classifiche al 6° posto. Inoltre nella nuova classifica viene data maggiore importanza all'applicazione "Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte con i suoi clienti", che dall'8° posizione slitta alla settima. Infine l'applicazione "Possibilità di ricevere suggerimenti e indicazioni automatici riguardo la conformità dei processi/lavorazioni rispetto alle norme ISO di settore" mantiene la stessa posizione rispetto

alla classifica precedente. In generale non si riscontrano grandi differenze tra i due ordinamenti.

### 3.5.5.3 Analisi incrociata tra Applicazioni del Digital Twin e Attività Importanti

Confrontando l'ultima classifica con la classifica che definisce le attività ritenute più importanti per il business dell'azienda si osservano risultati interessanti.

	Attività Importanti															
	1°	1°	1°	2°	2°	3°	3°	4°	4°	5°	6°	6°	7°	7°	7°	
	Automatizzazione dei processi produttivi	Formazione dei dipendenti su strumenti digitali	Flessibilità organizzativa	Manutenzione preventiva e predittiva	Allocazione di risorse ad attività di R&D	Sostenibilità ambientale	Raccolta e analisi di dati sulle attività	Attrarre risorse esperte in STEM	Formalizzazione di un approccio strategico	Produzione di piccoli lotti customizzati	Integrazione verticale	Offerta di servizi in supporto ai prodotti fisici	Uso di Robot collaborativi (COBOT)	Attrarre manager per governare l'innovazione	Integrazione orizzontale	Progettazione con strumenti di simulazione
<b>Applicazioni DT</b>	1°	1°	1°	2°	2°	3°	3°	4°	4°	5°	6°	6°	7°	7°	7°	7°
Informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari	1°						■									
Informazioni in tempo reale sulle attività svolte dai dipendenti	2°						■				■					
Analisi predittive volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari	2°			■												
Analisi predittive che segnalare l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo	3°						■							■		
Sfruttare i dati raccolti per effettuare delle simulazioni matematico-statistiche	4°															■
Dati raccolti in cloud e consultabili da qualsiasi computer connesso alla rete	5°						■									
Registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico tutte le lavorazioni	6°															
Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte con i suoi clienti	7°														■	
Ricevere suggerimenti e indicazioni automatici rispetto alle norme ISO di settore	7°															
Condividere alcune delle informazioni raccolte con i suoi fornitori	8°														■	

Figura 62: Analisi incrociata tra Applicazioni del Digital Twin e Attività Importanti settore Metalmeccanico  
 Figura 59: Analisi incrociata tra Attività Importanti e Benefici Attesi settore Metalmeccanico (Verde=Match esatto, Giallo=Match parziale, Rosso=Match scarso) (Elaborazione Propria)

L'applicazione del DT definita maggiormente importante dalle aziende appartenenti al settore Metalmeccanico, ovvero la ricezione in tempo reale di informazioni sullo stato dei macchinari o dell'intera linea produttiva vede una corrispondenza con la manutenzione preventiva, al 2° posto tra le attività e predittiva e la raccolta e analisi di dati sulle attività in essere, al

3°. Il matching che si instaura tra l'applicazione e la prima attività è esatto, quello che si instaura con la seconda è parziale. Per quanto riguarda l'applicazione "Informazioni in tempo reale sulle attività svolte dai dipendenti", al 2° posto tra le applicazioni del DT, trova anch'essa un riscontro con l'attività "Raccolta e analisi di dati sulle attività in essere" e con una seconda attività, ovvero "Integrazione verticale", il matching che si osserva nel primo caso risulta esatto nel secondo scarso. Invece tra l'applicazione "Analisi predittive, sui dati raccolti, volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari" e le attività "Manutenzione preventiva e predittiva" e "Raccolta e analisi di dati sulle attività in essere" si evince in entrambi i casi un matching esatto. Le analisi predittive, sui dati raccolti, volte a segnalare l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo, applicazione del DT che occupa il 3° posto in classifica, combaciano con le attività "Raccolta e analisi di dati sulle attività in essere", attività che si posiziona anch'essa al 3° posto e "Integrazione Orizzontale", al 6°. Si potrebbero trovare delle analogie tra la possibilità di effettuare delle simulazioni matematico-statistiche sui processi produttivi col fine di efficientare la produzione e le risorse impiegate potrebbe e la possibilità di utilizzare strumenti di simulazione per la progettazione assistita dei prodotti nonostante la prima figura in 4° posizione e la seconda in 7°. Infine la condivisione in modo automatico di alcune delle informazioni raccolte con i propri clienti e con i propri fornitori sono applicazioni direttamente correlate all'integrazione verticale e come è possibile osservare in figura il matching che si instaura è esatto.

### 3.5.5.4 Analisi incrociata tra Applicazioni del Digital Twin e Benefici Attesi

Viene effettuato un ulteriore confronto tra la classifica delle applicazioni del DT ritenute importanti e quella dei benefici attesi dall'implementazione delle tecnologie 4.0.

Applicazioni DT	Benefici Attesi									
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	7°	8°	9°
Informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari	1°									
Informazioni in tempo reale sulle attività svolte dai dipendenti	2°									
Analisi predittive volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari	2°									
Analisi predittive che segnalano l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo	3°									
Sfruttare i dati raccolti per effettuare delle simulazioni matematico-statistiche	4°									
Dati raccolti in cloud e consultabili da qualsiasi computer connesso alla rete	5°									
Registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico tutte le lavorazioni	6°									
Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte con i clienti	7°									
Ricevere suggerimenti e indicazioni automatici rispetto alle norme ISO di settore	7°									
Condividere alcune delle informazioni raccolte con i suoi fornitori	8°									

Figura 63: Analisi incrociata tra Applicazioni del Digital Twin e Benefici Attesi settore Metalmeccanico(Verde=Match esatto, Giallo=Match parziale, Rosso=Match scarso) (Elaborazione Propria)

La ricezione di informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari o dell'intera linea produttiva, può condurre ad un miglioramento del processo decisionale e allo stesso tempo del ciclo di vita del prodotto. In entrambi i casi il matching che si instaura tra applicazione e beneficio è scarso. Invece la ricezione di informazioni sulle attività svolte dai dipendenti, al 2° posto tra le applicazioni del DT, risulta essere direttamente proporzionale all'aumento della sicurezza di questi ultimi, sebbene tale beneficio si posizioni al 5° posto nella rispettiva classifica e il matching che si instaura sia di tipo parziale. Le analisi predittive che segnalano la data futura di guasto dei macchinari", possono essere affiancate alla riduzione delle tempistiche e all'abbattimento dei costi legati alla riparazione o sostituzione del macchinario, si riscontrano rispettivamente un matching esatto ed un

matching scarso. Le applicazioni "Analisi predittive sui dati raccolti, volte a segnalare l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo", e "Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte con i propri clienti" apportano i seguenti vantaggi: "Maggiore soddisfazione dei consumatori" e "Aumento della trasparenza nelle attività svolte dai vari attori della filiera". Nel primo caso si assiste ad un matching scarso tra attività e benefici, nel secondo ad un matching esatto. La possibilità di sfruttare i dati raccolti in tempo reale per effettuare delle simulazioni matematico-statistiche dei processi produttivi ha lo scopo di aumentare l'efficienza e la produttività all'interno delle smart factory, tuttavia il matching tra l'applicazione ed entrambe le attività si rivela parziale. La possibilità di ricevere suggerimenti e indicazioni automatici riguardo la conformità dei processi/lavorazioni rispetto alle norme ISO di settore", al 7° posto tra le applicazioni del DT, conduce ad una riduzione delle tempistiche e nello specifico quelle relative alla fase di controllo qualità, beneficio che occupa il 2° posto nella rispettiva classifica. Infine l'applicazione "Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte con i propri fornitori al fine di schedulare meglio le proprie attività produttive", rivela un matching esatto con i benefici "Aumento della trasparenza nelle attività svolte dai vari attori della filiera" e "Livellamento dei carichi energetici e riduzione utilizzo di energia".

### 3.5.6 Early Adopters

Esiste una percentuale del campione, pari al 9%, che prevede di implementare il DT entro un breve periodo. Per questo motivo si ritiene interessante individuare le analogie e le incoerenze nelle risposte date dagli "Early Adopters" alle domande riguardanti il grado di implementazione delle tecnologie 4.0, i benefici attesi da queste e le applicazioni del Digital Twin.

#### 3.5.6.1 Analisi incrociata Applicazioni del Digital Twin – Benefici Attesi

Vengono inizialmente incrociate le risposte date dagli Early Adopters alle domande "Applicazioni del DT" e "Benefici Attesi".

	Benefici Attesi												
	1°	1°	1°	1°	2°	2°	2°	2°	3°	3°	3°		
	Aumento di efficienza	Aumento della qualità dei prodotti/processi	Aumento di affidabilità dei prodotti/processi	Miglioramento del processo di controllo del PLC	Riduzione delle tempistiche	Riduzione dei costi	Maggiore soddisfazione dei consumatori	Miglioramento del processo decisionale	Aumento di produttività	Aumento della sicurezza dei lavoratori	Aumento dei profitti		
<b>Applicazioni DT</b>	1°	1°	1°	1°	2°	2°	2°	2°	3°	3°	3°		
Informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari o dell'intera linea produttiva	1°			Verde									
Analisi predittive volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari	2°												
Informazioni in tempo reale sulle attività svolte dai dipendenti	3°												Verde
Sfruttare i dati raccolti per effettuare delle simulazioni matematico-statistiche	4°	Giallo							Giallo	Verde			
Ricevere suggerimenti e indicazioni automatici rispetto alle norme ISO di settore	4°				Giallo								
Analisi predittive volte a segnalare l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo	4°						Giallo						
Dati raccolti in cloud e consultabili da qualsiasi computer connesso alla rete	5°												
registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico tutte le lavorazioni	5°												
Condividere alcune delle informazioni raccolte con i suoi fornitori	6°												
Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte con i suoi clienti	7°												Rosso

Figura 64: Analisi incrociata Applicazioni del Digital Twin – Benefici Attesi Early Adopters (Verde=Match esatto, Giallo=Match parziale, Rosso=Match scarso)  
(Elaborazione Propria)

È interessante notare che nella classifica dei benefici attesi non figurano "Livellamento dei carichi energetici e riduzione utilizzo di energia", "Realizzazione di prodotti customizzati in piccoli lotti", "Aumento della trasparenza nelle attività svolte dai vari attori della filiera" e "Interoperabilità tra i vari attori, sincronizzazione e scambio di

informazioni”, in quanto nessuno degli Early Adopters li sceglie. L’applicazione “Informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari o dell’intera linea produttiva” può essere collegata ai benefici attesi “Miglioramento del processo di controllo del ciclo di vita del prodotto” e “Miglioramento del processo decisionale”, che occupano rispettivamente il 1° e il 2° in classifica. La ricezione delle informazioni in tempo reale sulle attività svolte dai dipendenti vede un matching esatto con l’aumento della sicurezza dei lavoratori. Per quanto riguarda la possibilità di sfruttare i dati raccolti in tempo reale per effettuare delle simulazioni matematico-statistiche, al 4° posto tra le applicazioni del DT, si osservano delle corrispondenze con l’aumento di efficienza, che occupa il 1° posto nella rispettiva classifica, con il miglioramento del processo decisionale, che occupa il 2° posto e con l’aumento della produttività, che occupa il 3°. La possibilità di ricevere suggerimenti e indicazioni automatici riguardo la conformità dei processi/lavorazioni rispetto alle norme ISO di settore garantisce una riduzione delle tempistiche, e tra applicazione e beneficio si evince dal grafico un matching parziale. Le Analisi predittive, sui dati raccolti, volte a segnalare l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo, conduce ad una maggiore soddisfazione dei consumatori. Tra applicazione e beneficio in questo caso si instaura un matching parziale. Infine si riscontra un matching scarso tra l’applicazione “Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte con i suoi clienti” e il beneficio “Maggiore soddisfazione dei consumatori”.

### 3.5.6.1 Analisi incrociata Applicazioni del Digital Twin – Implementazione Tecnologie 4.0

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dall'incrocio delle risposte alle domande riguardanti le applicazioni del DT e il grado di implementazione delle tecnologie 4.0.

	Implementazione Tecnologie 4.0									
	Sensori smart	Big Data Analytics	Sistemi di sicurezza cibernetica	Internet of Things	Robotica e intelligenza artificiale	Cloud	Wearable e dispositivi smart	Sistemi Ciberfisici	Realtà virtuale	Stampa 3D
<b>Applicazioni DT</b>	1°	1°	2°	3°	4°	5°	5°	6°	6°	7°
Informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari	1°									
Analisi predittive volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari	2°									
Informazioni in tempo reale sulle attività svolte dai dipendenti	3°									
Sfruttare i dati per effettuare delle simulazioni matematico-statistiche	4°									
Ricevere suggerimenti e indicazioni automatici rispetto alle norme ISO	4°									
Analisi predittive volte a segnalare l'impossibilità di consegnare una commessa	4°									
Dati raccolti in cloud e consultabili da qualsiasi computer connesso	5°									
Registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico tutte le lavorazioni	5°									
Condividere alcune delle informazioni raccolte con i suoi fornitori	6°									
Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte con i clienti	7°									

Figura 65: Analisi incrociata Applicazioni del Digital Twin – Implementazione Tecnologie 4.0 Early Adopters (Verde=Match esatto, Giallo=Match parziale, Rosso=Match scarso) (Elaborazione Propria)

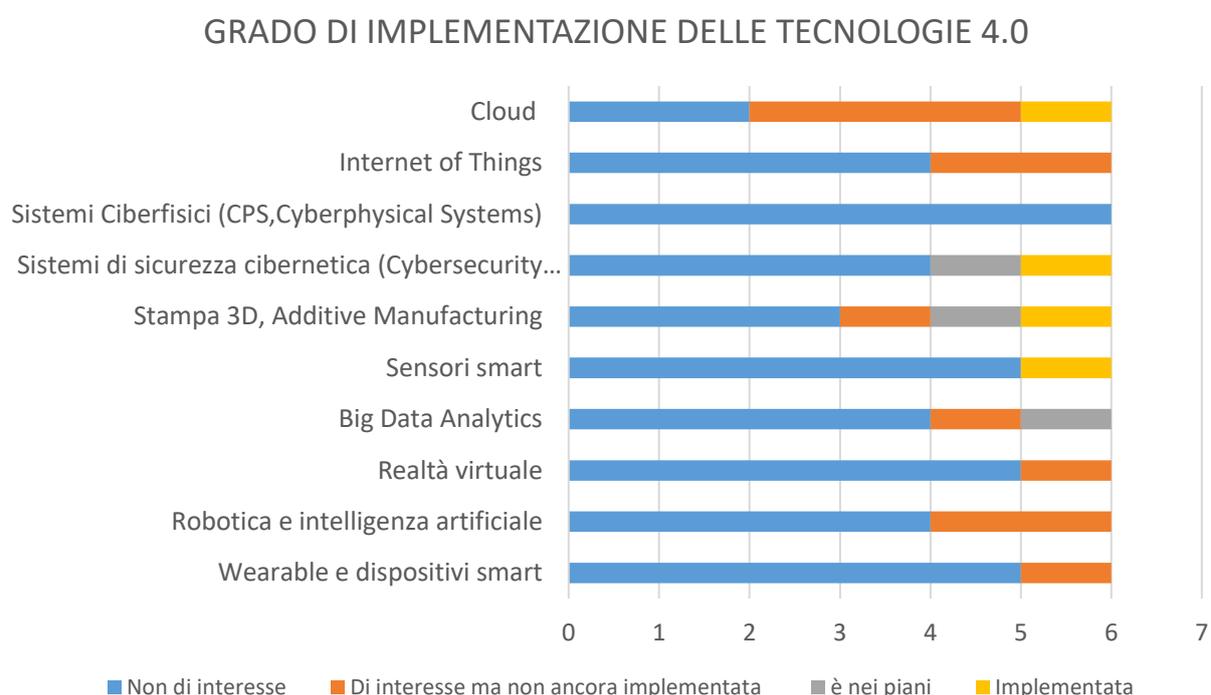
La ricezione di informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari o dell'intera linea produttiva o sulle attività svolte dai dipendenti viene definita dagli Early Adopters l'applicazione più importante del DT, quest'ultima trova una corrispondenza con le tecnologie Sensori Smart, Internet of Things e Cloud, che occupano rispettivamente la 1°, 3° e 5° posizione tra le tecnologie 4.0 implementate. Dunque il matching che si instaura tra applicazione e tecnologie nel primo caso è esatto, nel secondo caso parziale e nel terzo scarso. Anche l'applicazione che prevede la

ricezione di informazioni in tempo reale sulle attività svolte dai dipendenti, al 3° posto nella classifica è favorita dalle stesse tecnologie, bisogna però specificare che i matching osservati sono, esatto, esatto e parziale. È possibile realizzare analisi predittive, sui dati raccolti, volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari e l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo unicamente grazie l'implicazione del processo di Big Data Analytics, tra la prima attività e l'analisi dei Big Data si evince un matching esatto, tra la tecnologia e la seconda attività invece il matching è parziale. La possibilità di ricevere suggerimenti e indicazioni automatici riguardo la conformità dei processi/lavorazioni rispetto alle norme ISO di settore, vede un matching parziale con la tecnologia Sensori Smart, esatto con le tecnologie Internet of Things e Cloud e di nuovo parziale con i sistemi ciberfisici. L'applicazione "Possibilità di registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico tutte le lavorazioni o le attività", che occupa il 5° posto in classifica, vede un matching scarso con i Sensori smart, al 1° posto tra le tecnologie implementate e parziale con l'internet of Things, al 3° posto. Infine la condivisione in modo automatico di alcune delle informazioni raccolte con i propri clienti o fornitori è garantita grazie all'utilizzo del Cloud, in questo caso il matching che si istaura con la prima attività è esatto, invece con la seconda parziale.

### 3.5.7 Aziende sfavorevoli al Digital Twin

Tra le aziende intervistate una percentuale pari al 19% risponde di essere interessata ad effettuare investimenti sul Digital. Per capire il motivo di tale diniego si procederà analizzando la predisposizione di queste ultime verso l'adozione delle altre tecnologie afferenti all'industria 4.0. e i benefici che si attendono.

#### 3.5.7.1 Grado di implementazione delle tecnologie 4.0



*Figura 66: Grado di implementazione delle tecnologie 4.0 aziende sfavorevoli al Digital Twin (Elaborazione Propria)*

Si evince che una percentuale delle aziende superiore al 50% non ha implementato alcuna tecnologia 4.0. E nello specifico è possibile costatare che i sistemi Ciberfisici non suscitano l'interesse degli intervistati e che tecnologie quali L'internet of Things, la Realtà virtuale, la robotica e l'intelligenza artificiale e i Wearable, attualmente non rientrano nei piani futuri di queste aziende. Le uniche tecnologie implementate risultano essere il Cloud, i sistemi di sicurezza cibernetica, la Stampa 3D e i Sensori smart. Le aziende in esame appartengono alla categoria delle piccole

imprese e per questo motivo effettuano investimenti esclusivamente su tecnologie mature e affermate da diversi anni nel mercato. Infine la cultura limitata di queste aziende nell'ambito dell'innovazione non favorisce la comprensione delle potenzialità delle tecnologie 4.0.

### 3.5.7.2 Benefici Attesi

Benefici Attesi	Classifica
Aumento di produttività	1°
Aumento di efficienza	2°
Aumento della qualità dei prodotti/processi	2°
Riduzione delle tempistiche	2°
Livellamento dei carichi energetici e riduzione utilizzo di energia	2°
Aumento di affidabilità dei prodotti/processi	3°
Aumento della sicurezza dei lavoratori	3°
Riduzione dei costi	4°
Aumento dei profitti	4°
Maggiore soddisfazione dei consumatori	4°
Aumento della trasparenza nelle attività svolte dai vari attori della filiera	4°
Miglioramento del processo decisionale	4°
Interoperabilità tra i vari attori, sincronizzazione e scambio di informazioni	5°
Miglioramento del processo di controllo del ciclo di vita del prodotto	5°

*Figura 67: Benefici Attesi aziende sfavorevoli al Digital Twin (Elaborazione Propria)*

Emerge che nessuna di queste aziende seleziona "Realizzazione di prodotti customizzati in piccoli lotti" come possibile beneficio derivante dall'introduzione in fabbrica delle tecnologie 4.0. Inoltre è interessante notare che i benefici "Riduzione dei costi" e "Aumento dei profitti" figurano al 4° posto. Infine attività come "Interoperabilità tra i vari attori, sincronizzazione e scambio di informazioni" e "Miglioramento del processo di controllo del ciclo di vita del prodotto" occupano gli ultimi posti in classifica.

### 3.5.8 Analisi PMI innovative

Vengono definite PMI innovative quelle imprese che:

- Hanno partecipato a bandi per lo sviluppo tecnologico e l'innovazione
- Hanno investito in Industry 4.0
- Hanno formalizzato un piano per l'innovazione
- Reputano utile il Digital Twin
- Investirebbero nel Digital Twin

Risulta che una percentuale pari al 12% delle aziende possiede queste caratteristiche, cosicché si è deciso di valutare il grado di implementazione delle tecnologie afferenti all'industria 4.0 all'interno dei loro stabilimenti produttivi, e l'importanza che danno alle varie applicazioni del DT.

#### 3.5.8.1 Analisi incrociata Applicazioni del Digital Twin – Grado di implementazione delle tecnologie 4.0

Applicazioni DT	Implementazione Tecnologie 4.0									
	1° Cloud	1° Internet of Things	1° Sistemi di sicurezza cibernetica	1° Stampa 3D, Additive Manufacturing	1° Realtà virtuale	2° Sistemi Ciberfisici	2° Sensori smart	2° Big Data Analytics	2° Robotica e intelligenza artificiale	3° Wearable e dispositivi smart
Analisi predittive volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari	1°									
Informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari	2°									
Analisi predittive che segnalano l'impossibilità di consegnare una commessa	2°									
Sfruttare i dati per effettuare delle simulazioni matematico-statistiche	3°									
Informazioni in tempo reale sulle attività svolte dai dipendenti	4°									
Dati raccolti in cloud e consultabili da qualsiasi computer connesso alla rete	5°									
Condividere alcune delle informazioni raccolte con i suoi fornitori	5°									
Condividere in modo automatico alcune delle informazioni con i suoi clienti	5°									
Ricevere suggerimenti e indicazioni automatici rispetto alle norme ISO	5°									
Registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico le lavorazioni	5°									

Figura 68: Analisi incrociata Applicazioni del Digital Twin – Grado di implementazione delle tecnologie 4.0 PMI Innovative (Verde=Match esatto, Giallo=Match parziale, Rosso=Match scarso) (Elaborazione Propria)

Si evince che le applicazioni del DT ritenute maggiormente importanti sono le Analisi predittive, sui dati raccolti, volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari e le Informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari o dell'intera linea produttiva, seguite dalle Analisi predittive, sui dati raccolti, volte a segnalare l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo. Allo stesso modo negli ultimi posti si classificano le applicazioni "Condividere alcune delle informazioni raccolte con i suoi fornitori", "Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte con i suoi clienti" e "Possibilità di ricevere suggerimenti e indicazioni automatici riguardo la conformità dei processi/lavorazioni rispetto alle norme ISO di settore" e "Possibilità di registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico tutte le lavorazioni o attività necessarie alla produzione ed eventualmente previste dal contratto". Invece, per quanto riguarda le tecnologie 4.0, trattandosi di PMI innovative, non vi è una grande distinzione nel grado di implementazione e tutte le tecnologie occupano le prime posizioni in classifica. Nello specifico le tecnologie Cloud, Internet of Things, Sistemi di Sicurezza Cibernetica e Realtà virtuale si classificano al 1° posto, i Sistemi Ciberfisici, i Sensori Smart, il Big Data Analytics e la Robotica e Intelligenza Artificiale al 2° e solo i Wearable al 3°.

Nella figura 68 è possibile osservare i vari matching che si instaurano tra applicazione del DT e tecnologia 4.0. Le analisi predittive, sui dati raccolti, volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari vedono un matching esatto con la tecnologia Big Data Analytics. Tra l'applicazione "Informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari o dell'intera linea produttiva" e le tecnologie Cloud, Internet of Things, e Sensori Smart, si generano tre matching esatti. Anche l'applicazione "Informazioni in tempo reale sulle attività svolte dai dipendenti" viene associata alle stesse tecnologie, ma in questo caso i matching che si instaurano sono, parziale, parziale, esatto. Le applicazioni "Dati raccolti in Cloud e consultabili da qualsiasi computer connesso alla rete", "Condividere alcune delle

informazioni raccolte con i suoi fornitori” e “Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte con i suoi clienti” rivelano un matching limitato con la tecnologia “Cloud”. La possibilità di ricevere suggerimenti e indicazioni automatici riguardo la conformità dei processi/lavorazioni rispetto alle norme ISO di settore vanta un matching scarso con il Cloud e l’Internet of Things e parziale con i Sistemi Ciberfisici e i Sensori Smart. Infine la possibilità di registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico tutte le lavorazioni vede un matching limitato con l’Internet of Things e parziale con i Sensori Smart.

### 3.6 Conclusioni

Alla base della trasformazione dirompente nell’attuale paradigma socio-economico, avviata da flussi ininterrotti di dati ed informazioni, attività di ricerca e sviluppo costanti, cooperazione tra unità robotiche e persone, ambienti tangibili e modelli virtuali, risiede il concetto di innovazione tecnologica.

Lo scenario che ospita tali cambiamenti rivoluzionari, è governato dall’Industria 4.0, che assieme alle tecnologie abilitanti che la caratterizzano, delinea il nuovo orizzonte di una produzione più flessibile, più rapida, più smart.

È proprio in questo scenario che affonda le radici un ulteriore nuovo concetto, dirompente, rivoluzionario, che cambia il “way of work” nei paradigmi produttivi, orienta il business verso nuovi risultati guidati da efficienza ed efficacia e diventa l’essenza dell’Industria 4.0: il Digital Twin.

Un Digital Twin può fondamentalmente essere considerato come la copia digitale in costante evoluzione, del profilo storico o attuale di un oggetto fisico o processo che aiuta ad ottimizzare la performance del business.

Nel panorama produttivo, un gemello digitale viene utilizzato per diverse ragioni ed in diversi contesti: un contesto sperimentale nel caso di un prodotto, ed uno predittivo nel caso tipicamente di un processo. Sono

essenzialmente progettati per creare complicati asset o processi per i quali è difficile predire risultati lungo tutto il ciclo di vita del prodotto.

Costituisce una chiave di volta nei sistemi produttivi, non solo in termini strategici ma anche economici, in quanto riuscire a predire un problema, un rischio, conduce a margini di performance sempre più alti, ed obiettivi di business sempre più concreti attraverso un viaggio tra fisico e digitale.

Uno dei principali benefici legati al Digital Twin, risiede nella possibilità di anticipare la comprensione dei problemi, e dunque di prendere decisioni tempestive, mirate ed efficaci, basandosi su dati ottenuti in tempo reale che provengono da lungimiranti analisi predittive.

In questo studio si è proceduto dapprima a collezionare ed analizzare dei casi di applicazione reale dell'industria 4.0 in diversi ambiti di business, allo scopo di indagare l'attuale stato dell'arte.

L'analisi dei casi ha restituito dei risultati interessanti ed in particolare emerge che nell'ambito della Logistica e Supply Chain Management la tecnologia più adottata è l'RFID per i benefici che apporta nella distribuzione e gestione degli asset in termini di tracciabilità e rintracciabilità. Inoltre, in quest'ambito, un'altra applicazione dell'Industria 4.0 vede l'utilizzo dei GPS e di un software su Cloud per tenere sotto controllo il processo di approvvigionamento, e poter schedulare la produzione di conseguenza.

Nell'ambito manifatturiero, viene impiegata la sensoristica per il rilevamento dei vari indicatori di prestazione allo scopo di monitorare il processo produttivo, e poter eventualmente elaborare i dati attraverso il processo di Big Data Analytics, costruendo dei modelli in grado di prevedere l'andamento della produzione e supportare il processo decisionale. Tali misurazioni vengono successivamente trasferite attraverso degli standard di comunicazione ad un gateway, (Internet of Things) che li trasferisce all'interno di una piattaforma Cloud per il facile accesso da parte degli utenti. In alcuni casi i Sensori vengono utilizzati parallelamente a dei software di trasferimento dei dati per connettere tutti i macchinari

all'interno dello stabilimento industriale con il Manufacturing Execution System aziendale, con l'obiettivo di essere al corrente dello stato dei macchinari in ogni momento. In un'ulteriore applicazione, i macchinari vengono dotati di sensori per rilevare i dati di funzionamento e concentrarli verso un database in Cloud. Questi dati sono poi oggetto di analisi predittive (Big Data Analytics) al fine di ridurre i fermi macchina e minimizzare i guasti allungandone la vita. Uno dei casi analizzati prevede l'utilizzo di strumenti/software di simulazione basati sui dati per identificare le inefficienze delle linee produttive ed eliminarle. Infine, è stato analizzato un ultimo caso in cui viene utilizzata la stampa 3D per velocizzare le fasi di ricerca e sviluppo di prodotti complessi.

Successivamente, viene proposta una revisione della letteratura esistente sul paradigma Digital Twin, e nello specifico sono stati esaminati 60 articoli accademici, pubblicati tra il 2017 e il 2019, allo scopo di valutare la maturità della tecnologia e investigare il suo grado di applicazione nel settore manifatturiero. Vengono individuati tre stadi di sviluppo della tecnologia che differiscono nel livello di integrazione tra l'oggetto fisico e la controparte digitale, ovvero Digital Model, Digital Shadow e Digital Twin. Risulta che il 15% delle pubblicazioni analizzate descrive concetti e applicazioni relativi al Digital Model, ovvero al primo stadio di sviluppo, in cui non esiste connessione tra l'oggetto fisico e l'oggetto digitale. Il 47% delle pubblicazioni fa riferimento al Digital Shadow, il secondo stadio di sviluppo, caratterizzato da una connessione unidirezionale, infine il restante 38% della documentazione si focalizza sul Digital Twin, ultimo stadio di sviluppo, che prevede una connessione bidirezionale.

Dall'analisi della letteratura emerge che la tecnologia utilizzata con più frequenza nell'implementazione del digital twin è l'Internet of Things, poiché è stata citata nel 67% dei documenti. Al l'Internet of Things seguono: Big Data Analytics menzionata nel 59% dei documenti, Simulation Modeling nel 50%, Cloud Computing nel 43%, Data Driven Modeling nel 44%, Artificial Intelligence nel 25% e Machine Learning nel

20%. Inoltre percorrendo la letteratura sono state riscontrate quattro aree applicative del Digital Twin differenti. Risulta che nel 64 % dei documenti il Digital Twin viene impiegato durante le fasi di Design, nel 60% durante la fase di Ingegnerizzazione, nel 51% durante la fase Operativa, nell'8% durante la fase di Assistenza al Clienti. Il 5 % dei documenti vede il digital twin applicato all'intero Ciclo di vita del Prodotto. Infine viene realizzata un'indagine che vede protagoniste le PMI manifatturiere italiane. Tale indagine è volta a definire in primo luogo il grado di implementazione delle tecnologie 4.0 all'interno degli stabilimenti produttivi delle piccole e medie imprese, in secondo luogo l'interesse di queste ultime ad effettuare investimenti sul Digital Twin.

Analizzando i risultati restituiti dall'indagine emerge che le tecnologie più implementate sono il Cloud e i Sistemi di sicurezza Cibernetica, adottate dal 22% delle imprese. Seguono il Big Data Analytics e la Stampa 3D già in uso rispettivamente all'interno degli stabilimenti produttivi del 19% e del 16% delle aziende. Invece l'implementazione dell'Internet of Things e dei Wearable rientra nei piani futuri del 16% delle aziende. Tra le tecnologie di interesse ma non ancora implementate figurano i Sensori Smart, ritenuti utili dal 31% del campione e la Robotica dal 28%. Infine i Sistemi Ciberfisici e la Realtà virtuale vengono considerati dal 75% delle aziende tecnologie poco interessanti per le attività di business. L'indagine rivela che il Digital Twin è una tecnologia sconosciuta dall'81% delle PMI. Un risultato incoraggiante si riscontra però nella percentuale di imprese che reputa le principali applicazioni della tecnologia vantaggiose, ovvero il 78%, ed in particolare l'applicazione più quotata risulta essere "Informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari o dell'intera linea produttiva", seguita da "Analisi predittive volte a segnalare l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo" e "Analisi predittive volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari". Tuttavia solo il 9% delle imprese prevede di implementare il Digital Twin entro un breve periodo, il 72% è interessato

ma preferirebbe vedere i risultati di casi studio che lo implementano e il 19% invece non la ritiene una tecnologia utile.

Successivamente è stato condotto uno studio più approfondito focalizzando l'attenzione su quattro categorie di imprese che si distinguono all'interno del campione poiché:

- Appartenenti al settore Metalmeccanico (settore maggiormente rappresentato nell'indagine)
- Early Adopters
- Sfavorevoli al Digital Twin
- PMI innovative

Si evince che analogamente al campione generale, le tecnologie maggiormente implementate dalle aziende appartenenti al settore Metalmeccanico sono Cloud, i Sistemi di sicurezza Cibernetica e la Stampa 3D. Si riscontra però un maggiore interesse da parte di questo settore nei confronti dei sistemi Ciberfisici. Invece le tecnologie adottate con maggiore frequenza dagli Early Adopters sono i Sensori Smart e il Big Data Analytics, a cui seguono l'Internet of Things e la Robotica. Inoltre si constata che il 50% delle aziende sfavorevoli al Digital Twin non ha implementato alcuna tecnologia 4.0. In particolare, i Sistemi Ciberfisici non suscitano l'interesse di queste aziende e tecnologie quali L'Internet of Things, la Realtà virtuale, la Robotica e i Wearable, attualmente non rientrano nei loro piani futuri. Al contrario i piani futuri delle PMI innovative, vedono protagonisti la Robotica e i Wearable. Infine è interessante notare che, coerentemente con il campione generale, l'applicazione ritenuta più importante dalle aziende appartenenti al settore Metalmeccanico e gli Early Adopters è la ricezione di informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari o dell'intera linea produttiva. Invece le imprese innovative danno priorità all'applicazione "Analisi predittive, sui dati raccolti, volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari".

In conclusione i dati derivanti dalle analisi condotte in tale studio, rivelano che le tecnologie abilitanti dell'Industria 4.0 hanno riscontrato esiti parzialmente positivi in merito all'adozione da parte delle PMI manifatturiere italiane. Infatti, Cloud Computing, Sistemi di sicurezza Cibernetica, Big Data Analytics e Stampa 3D sono le uniche tecnologie 4.0 effettivamente implementate all'interno degli stabilimenti produttivi delle imprese che hanno preso parte all'indagine. Nonostante ciò, una percentuale superiore al 50% del campione in analisi, non ha adottato nessuna tecnologia. Risultato derivante dal fatto che le imprese in questione, nonostante riconoscano le attuali esigenze di business, non possiedono le risorse economiche necessarie o non confidano nei benefici che l'industria 4.0 può apportare e dunque si posizionano tra i "Tardivi" nella curva di adozione.

Per quanto riguarda il Digital Twin, i dati rivelano luci e ombre. Quasi la totalità delle PMI intervistate sconosce il DT, sebbene una grande maggioranza delle imprese giudichi vantaggiose le sue principali applicazioni. Le barriere all'adozione del DT potrebbero essere riconducibili all'assenza di uno standard di sviluppo, comunicazione ed implementazione. In generale, ad oggi, la realizzazione di un DT è demandata all'impresa che vuole implementarlo, che deve sostenere tutti i costi tutti i costi di progettazione e sviluppo annessi. Ciò significa che non esiste uno standard comune in termini di costi, tempi e modalità di progettazione.

Tuttavia, tale ostacolo potrebbe essere superato se i produttori di macchinari creassero i rispettivi moduli di DT da vendere alle imprese acquirenti. Pensando in tale ottica, entrambe le facce della medaglia otterrebbero un grande vantaggio: l'impresa produttrice, da un lato, riuscirebbe ad incrementare i ricavi, dall'altro lato l'impresa acquirente implementerebbe nuovi strumenti rivoluzionari in modo semplice, in assenza di limiti implementativi e di costi.



## 4. Sitografia

Accenture Strategy (2014). «Looking Forward La Trasformazione Digitale», Sito Web: [https://www.accenture.com/acnmedia/accenture/conversion-assets/dotcom/documents/local/it-it/pdf\\_2/accenture-report-cover-new2-pdf/pdf\\_3/accenture-looking-forward-trasformazione-digitale.pdf50](https://www.accenture.com/acnmedia/accenture/conversion-assets/dotcom/documents/local/it-it/pdf_2/accenture-report-cover-new2-pdf/pdf_3/accenture-looking-forward-trasformazione-digitale.pdf50).

Ultimo accesso: 19/10/2019

Laura Zanotti (2019). «Industria 4.0: storia, significato ed evoluzioni tecnologiche a vantaggio del business», Sito Web: <https://www.digital4.biz/executive/industria-40-storia-significato-ed-evoluzioni-tecnologiche-a-vantaggio-del-business/>. Ultimo accesso:

5/11/2019

Confindustria (2019). «Industria 4.0 - Glossario», Sito Web: [http://www.confindustria.pu.it/allegati/notizie/n20160165\\_01a.pdf](http://www.confindustria.pu.it/allegati/notizie/n20160165_01a.pdf).

Ultimo accesso: 1/11/2019

Errevi consulenze (2017). «Industria 4.0 - Origine del termine», Sito Web: <https://www.industry-4.it/cos-è-industria-4-0/>. Ultimo accesso:

1/11/2019

Ministero dello sviluppo economico (2019). «Piano nazionale Impresa 4.0», Sito Web: <https://www.mise.gov.it/index.php/it/industria40>. Ultimo accesso: 03/11/2019

Ministero dello sviluppo economico (2017). «Piano nazionale Impresa 4.0 Risultati 2018 - Azioni 2018», Sito Web: [https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/impresa\\_40\\_risultati\\_2017\\_azioni\\_2018.pdf](https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/impresa_40_risultati_2017_azioni_2018.pdf). Ultimo accesso: 03/11/2019

Ministero dello sviluppo economico (2017). «Piano nazionale Impresa 4.0 Guida agli Investimenti», Sito Web: [https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/investimenti\\_impresa\\_40\\_ita.pdf](https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/investimenti_impresa_40_ita.pdf). Ultimo accesso: 03/11/2019

Ministero dello sviluppo economico (2017). «Piano nazionale Industria 4.0 Investimenti, Produttività e Innovazione», Sito Web: [https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Piano\\_Industria\\_40.pdf](https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Piano_Industria_40.pdf). Ultimo accesso: 03/11/2019

Paolo Fontana (2019). «Industria 4.0 sostiene le PMI italiane: la quarta rivoluzione industriale è alle porte», Sito Web: <https://www.finanzacafe.it/pmi/industria-4-0-sostiene-le-pmi-italiane-la-4-rivoluzione-industriale-e-alle-porte/>. Ultimo accesso: 03/11/2019

Debora Reverberi (2019). «Gli incentivi 4.0 e la conversione in Legge del Decreto Crescita», Sito Web: (<https://www.ecnews.it/gli-incentivi-4-0-e-la-conversione-in-legge-del-decreto-crescita/>). Ultimo accesso: 03/11/2019

Franco Canna (2017). «La manovra 2018 è legge, ecco i testi definitivi e le misure per Industria 4.0 e Impresa 4.0» Sito Web: <https://www.innovationpost.it/2017/12/24/la-manovra-2018-legge-testi-definitivi-le-misure-industria-impresa-4-0/>. Ultimo accesso: 03/11/2019

Bruno Pagamici (2019). «Super e Iperammortamento 2019: siamo alle battute finali?» Sito Web: <https://www.ipsoa.it/documents/finanziamenti/imprenditoria/quotidiano/2019/10/05/super-iperammortamento-2019-battute-finali>. Ultimo accesso: 03/11/2019

T4SM (2019). «Smart Factory», Sito Web: <https://www.toolsforsmartminds.com/it/smart-factory>. Ultimo accesso: 02/11/2019

Daniele Cardesi (2019). «7 passi per costruire la perfetta Smart Factory», Sito Web: <https://www.extrasys.it/it/redblog/7-passi-per-costruire-la-perfetta-smart-factory>. Ultimo accesso: 02/11/2019

Libero Tecnologia (2019). «Che cos'è la smart factory», Sito Web: <https://tecnologia.libero.it/che-cose-la-smart-factory-13603>. Ultimo accesso: 02/11/2019

Alterna (2019). «Smart Factory Monitoraggio intelligente ed in tempo reale grazie all'Intelligenza Artificiale», Sito Web: <https://www.alternanet.it/smart-factory/>. Ultimo accesso: 02/11/2019

Il Consulting (2019). «Industry 4.0 e Smart Factory», Sito Web: <https://www.il-consulting.it/articoli/impresa-4-0/industry-4-0-e-smart-factory/>. Ultimo accesso: 03/11/2019

Deloitte (2017). «The smart factory Responsive, adaptive, connected manufacturing», Sito Web: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/smart-factory-connected-manufacturing.html>. Ultimo accesso: 04/11/2019

CCIAA Bologna (2018). «Piano Nazionale Impresa 4.0 le tecnologie abilitanti», Sito Web: [https://www.bo.camcom.gov.it/sites/default/files/formazione/seminari/28\\_marzo18/Uniontrasporti%20-%20tecnologie%20abilitanti%20-%2028mar18.pdf](https://www.bo.camcom.gov.it/sites/default/files/formazione/seminari/28_marzo18/Uniontrasporti%20-%20tecnologie%20abilitanti%20-%2028mar18.pdf). Ultimo accesso: 04/11/2019

Alessandro Ponzoni (2018) «Che cos'è la smart factory», Sito Web: <https://www.ratioquotidiano.it/articolo/99689>. Ultimo accesso: 04/11/2019

Elsevier (2019). «Digital Twins and Cyber-Physical Systems toward Smart Manufacturing and Industry 4.0: Correlation and Comparison», Sito Web: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S209580991830612X?token=2B386EBA37254AF1F2C36B11BEB6A92A7BCCE3B32DDAC4B80265ECA50A887B589A7865A0236607F7EF5D2C88AADD9306>. Ultimo accesso: 27/11/2019

Industria Italiana (2017). «Nel cuore dell'Industry 4.0: i Cyber-Physical Systems», Sito Web: <https://www.industriaitaliana.it/nel-cuore-dell-industry-4-0-i-cyber-physical-systems/>. Ultimo accesso: 05/11/2019

Somayya Madakam, R. Ramaswamy, Siddharth Tripathi (2015). «Internet of Things (IoT): A Literature Review», Sito Web: [https://www.scirp.org/html/56616\\_56616.htm](https://www.scirp.org/html/56616_56616.htm). Ultimo accesso: 27/11/2019

*Christos Koulamas, Athanasios Kalogeras* (2018) «*Cyber-Physical Systems and Digital Twins in the Industrial Internet of Things*», Sito Web: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8625931>. Ultimo accesso: 08/11/2019

Embitel (2018). «Unraveling the Story of Evolution of IoT and Its Rapid Adoption», Sito Web: <https://www.embitel.com/blog/embedded-blog/unraveling-the-story-of-evolution-of-iot-and-its-rapid-adoption>. Ultimo accesso: 08/11/2019

Tenenga (2019). «Che cos'è l'RFID, come funziona e a cosa serve», Sito Web: <https://www.tenenga.it/whitepaper-rfid/>. Ultimo accesso: /11/2019

Internet4Things (2018). «Tag etichetta RFID: cos'è, come funziona ed esempi dell'identificazione a radiofrequenze», Sito Web: <https://www.internet4things.it/iot-library/rfid-cosa-e-come-funziona-esempi-applicativi/>. Ultimo accesso: 28/11/2019

Mesa Consulting (2019). «Industria 4.0 e smart factory il ruolo dell'internet of things», Sito Web: <https://www.mesaconsulting.eu/it/44-blog-it/innovazione/253-industria-4-0-e-smart-factory-il-ruolo-dell-internet-of-things>. Ultimo accesso: 08/11/2019

Elsevier (2013). «Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions», Sito Web: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13000241?via%3Dihub>. Ultimo accesso: 08/11/2019

Robotiko (2019). «L'internet delle cose, definizione ed esempi», Sito Web: <https://www.robotiko.it/linternet-delle-cos-e-definizione-esempi/>. Ultimo accesso: 06/11/2019

Piero Todorovich (2019). «L'Internet delle cose (IoT): cos'è e come rivoluzionerà prodotti e servizi», Sito Web: <https://www.zerounoweb.it/analytics/big-data/internet-of-things-iot-come-funziona/>. Ultimo accesso 28/11/2019

Internet4Things (2019). «IoT (Internet of Things): significato, esempi e applicazioni pratiche», Sito Web: <https://www.internet4things.it/iot-library/internet-of-things-gli-ambiti-applicativi-in-italia/>. Ultimo accesso: 26/10/2019

Deloitte (2019). «Iot e nuove tecnologie: il futuro è già oggi!», Sito Web: [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/it/Documents/consumer-business/Magazine%20MinD%20n2\\_Deloitte%20Italia.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/it/Documents/consumer-business/Magazine%20MinD%20n2_Deloitte%20Italia.pdf). Ultimo accesso: 26/10/2019

Regesta (2019). «INTERNET DEI SERVIZI [IoS]», Sito Web: <https://www.industria4-0.it/internet-dei-servizi/>. Ultimo accesso: 26/10/2019

Jacqueline Zonichenn Reis, Rodrigo Franco Gonçalves (2018). «The role of Internet of Services (IoS) on Industry 4.0 through the Service Oriented Architecture (SOA)», Sito Web: [https://www.researchgate.net/publication/327203898\\_The\\_Role\\_of\\_Internet\\_of\\_Services\\_IoS\\_on\\_Industry\\_40\\_Through\\_the\\_Service\\_Oriented\\_Architecture\\_SOA\\_IFIP\\_WG\\_57\\_International\\_Conference\\_APMS\\_2018\\_Seoul\\_Korea\\_August\\_26-30\\_2018\\_Proceedings\\_Part\\_II](https://www.researchgate.net/publication/327203898_The_Role_of_Internet_of_Services_IoS_on_Industry_40_Through_the_Service_Oriented_Architecture_SOA_IFIP_WG_57_International_Conference_APMS_2018_Seoul_Korea_August_26-30_2018_Proceedings_Part_II). Ultimo accesso: 26/10/2019

Fractalia (2016). «Del Internet de las Cosas al Internet de los Servicios», Sito Web: <https://www.fractaliasystems.com/del-internet-de-las-cosas-internet-de-los-servicios/>. Ultimo accesso 28/11/2019

Christoph Schroth, Till Janner (2007). «Web 2.0 and SOA: Converging Concepts Enabling the Internet of Services», Sito Web: <https://pdfs.semanticscholar.org/7bcf/fd0f8be70a0263b87180755d698d08b15a0a.pdf>. Ultimo accesso 28/11/2019

NIST (2011). «The NIST Definition of Cloud Computing», Sito Web: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>. Ultimo accesso 28/11/2019

AWS Amazon (2019). «Cos'è il cloud computing?», Sito Web: <https://aws.amazon.com/it/what-is-cloud-computing/>. Ultimo accesso 28/11/2019

Epsilon (2017) «Qual è la differenza tra IaaS, PaaS e SaaS?», Sito Web: <https://www.epsilononline.com/qual-la-differenza-iaas-paas-saas/>. Ultimo accesso 01/10/2019

Laura Zanotti (2019) «Cos'è il cloud computing? Definizione del significato di SaaS, PaaS, DaaS, IaaS e non solo», Sito Web: <https://www.zerounoweb.it/cloud-computing/cloud-anzi-saas-paas-daas-e-iaas-significato-e-guida-ai-vantaggi-dell-on-demand/>. Ultimo accesso 01/10/2019

IBM (2019). «Definizione di IaaS, PaaS e SaaS», Sito Web: <https://www.ibm.com/it-it/cloud/learn/iaas-paas-saas>. Ultimo accesso 01/10/2019

Microsoft Azure (2019) «Cos'è il cloud computing?», Sito Web: <https://azure.microsoft.com/it-it/overview/what-is-cloud-computing/>. Ultimo accesso 01/10/2019

TeamSystemChannel (2016). «Gestione delle risorse IT - Il Cloud», Sito Web: <https://enterprise.teamsystem.com/video/gestione-delle-risorse-it-il-cloud>. Ultimo accesso 02/10/2019

Alessandro Piva (2019). «Le 5V dei Big Data: dal Volume al Valore», Sito Web: [https://blog.osservatori.net/it\\_it/le-5v-dei-big-data](https://blog.osservatori.net/it_it/le-5v-dei-big-data). Ultimo accesso 27/10/2019.

Power Data (2018). «Qué es big data y analytics y por qué debes utilizarlo en tu empresa», Sito Web: <https://blog.powerdata.es/el-valor-de-la-gestion-de-datos/que-es-big-data-y-analytics-y-por-que-debes-utilizarlo-en-tu-empresa>. Ultimo accesso 27/10/2019.

Nicoletta Boldrini (2019). «Cos'è l'Intelligenza Artificiale, perché tutti ne parlano e quali sono gli ambiti applicativi», Sito Web: <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/intelligenza-artificiale-cose/>. Ultimo accesso 27/11/2019.

Consoft Sistemi (2019). «L'intelligenza Artificiale al servizio dell'uomo», Sito Web: [https://www.cospe.org/wp-content/uploads/2019/07/03\\_dossier\\_INTELLIGENZA-ARTIFICIALE\\_080719-1.pdf](https://www.cospe.org/wp-content/uploads/2019/07/03_dossier_INTELLIGENZA-ARTIFICIALE_080719-1.pdf). Ultimo accesso 27/11/2019

E. Piccolo (2019). «Applicazioni industriali dell'Intelligenza Artificiale: Machine Learning e Intelligenza Artificiale nell'era dell'Industria 4.0» Sito Web: [https://www.este.it/images/Presentazioni-Relatori/2018/Fabbrica\\_Futuro\\_Torino/Presentazione\\_Elio\\_Piccolo\\_Poli\\_To\\_FabbricaFuturo\\_Torino.pdf](https://www.este.it/images/Presentazioni-Relatori/2018/Fabbrica_Futuro_Torino/Presentazione_Elio_Piccolo_Poli_To_FabbricaFuturo_Torino.pdf). Ultimo accesso 27/11/2019.

Automazione (2018). «La robotica industriale», Sito web: <https://www.automazionenews.it/la-robotica-industriale/>. Ultimo accesso 27/11/2019.

Andrea Bonarini (2018). «Robot attorno a noi: dove sono, cosa fanno, cosa faranno?» Sito Web: [https://re.public.polimi.it/retrieve/handle/11311/1058766/298469/Bonarini\\_v1.pdf](https://re.public.polimi.it/retrieve/handle/11311/1058766/298469/Bonarini_v1.pdf). Ultimo accesso 27/11/2019.

Trendmicro (2018). «How the Industry 4.0 Era Will Change the Cybersecurity Landscape», Sito Web: <https://blog.trendmicro.com/how-the-industry-4-0-era-will-change-the-cybersecurity-landscape/>. Ultimo accesso 27/11/2019.

Deloitte Insight (2017). «Part 1: Artificial Intelligence Defined The most used terminology around it», Sito Web: <https://www2.deloitte.com/fi/fi/pages/technology/articles/part1-artificial-intelligence-defined.html>. Ultimo accesso 27/11/2019.

Roberto Iriondo (2018). «Machine Learning vs. AI, Important Differences Between Them», Sito Web: <https://medium.com/datadriveninvestor/differences-between-ai-and-machine-learning-and-why-it-matters-1255b182fc6>. Ultimo accesso 27/11/2019.

Techopedia (2019). «Artificial Intelligence (AI)», Sito Web: <https://www.techopedia.com/definition/190/artificial-intelligence-ai>. Ultimo accesso 27/11/2019

Ben Dickson (2018). «Why the difference between AI and machine learning matters», Sito Web: <https://bdtechtalks.com/2018/10/08/artificial-intelligence-vs-machine-learning/>. Ultimo accesso: 27/11/2019

Cerasis (2018). «7 Ways Augmented Reality in Manufacturing Will Revolutionize The Industry», Sito Web: <https://cerasis.com/augmented-reality-in-manufacturing/>. Ultimo accesso: 27/11/2019

Sophie Hand (2019). «Augmented Reality and Manufacturing», Sito Web: <https://www.machinedesign.com/industrial-automation/augmented-reality-and-manufacturing>. Ultimo accesso: 27/11/2019

BrainSigns (2019). «Realtà Virtuale», Sito Web: <https://www.brainsigns.com/it/science/s2/technologies/virtual-reality>. Ultimo accesso: 27/11/2019

Digital 4 (2018). «Augmented Reality Realtà aumentata: cos'è, come funziona e ambiti applicativi in Italia», Sito Web: <https://www.digital4.biz/executive/realta-aumentata-cose-come-funziona-e-ambiti-applicativi-in-italia/>. Ultimo accesso: 27/11/2019

Libero Tecnologia (2019). «Cos'è la realtà aumentata e come trasformerà la nostra vita», Sito Web: <https://tecnologia.libero.it/cose-la-realta-aumentata-1054>. Ultimo accesso: 27/11/2019

Various (2018). «Virtual and Augmented Reality», Sito Web: <http://www.advicemanufacturing.com/Virtual-and-Augmented-Reality.html>. Ultimo accesso: 27/11/2019

Additive Manufacturing (2019). «7 Families of Additive Manufacturing», Sito Web: [https://www.additivemanufacturing.media/cdn/cms/7\\_families\\_print\\_version.pdf](https://www.additivemanufacturing.media/cdn/cms/7_families_print_version.pdf). Ultimo accesso 27/11/2019

Internet4Things (2019). «Wearable (dispositivo indossabile), cos'è, applicazioni, notizie ed approfondimenti», Sito Web: <https://www.internet4things.it/tag/wearable/>. Ultimo accesso: 28/11/2019

Franco Canna (2016). «I wearable device per la manifattura 4.0», Sito Web: <https://www.innovationpost.it/2016/12/23/i-wearable-device-per-la-manifattura-4-0/>. Ultimo accesso: 28/11/2019

Werner Kritzing, Matthias Karner, Georg Traar, Jan Henjes, Wilfried Sihm (2018). «Digital Twin in manufacturing: A categorical Literature Review and classification», Sito Web: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318316021>. Ultimo accesso: 28/11/2019

Uhlemann, Thomas H.-J.; Schock, Christoph; Lehmann, Christian; Freiburger, Stefan; Steinhilper, Rolf (2017). «The Digital Twin. Demonstrating the Potential of Real Time Data Acquisition in Production Systems»

Negri, Elisa; Fumagalli, Luca; Macchi, Marco (2017). «A Review of the Roles of Digital Twin in CPS-based Production Systems»

Lee, Jay; Bagheri, Behrad; Kao, Hung-an (2015). «A Cyber- Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems»

Boschert, Stefan; Rosen, Roland (2016). «Digital Twin—The Simulation Aspect»

Rosen, Roland; Wichert, Georg von; Lo, George; Bettenhausen, Kurt D. (2015). «About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing»

Tao, Fei; Cheng, Jiangfeng; Qi, Qinglin; Zhang, Meng; Zhang, He; Sui, Fangyuan (2017). «Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data»

Grieves, Michael; Vickers (2017). «Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems»

Glaessgen, E. H.; Stargel, D. S. (2012). «The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles»

M. Shafto, M. Conroy, R. Doyle, H. G. E., C. Kemp, J. LeMoigne e L. Wang (2010). «DRAFT Modeling, Simulation, Information Technology & Processing Roadmap»

Tao, Fei; Cheng, Jiangfeng; Qi, Qinglin; Zhang, Meng; Zhang, He; Sui, Fangyuan (2017). «Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data»

Kuhn, Thomas (2017). «Digitaler Zwilling»

Sivalingam, K., Sepulveda, M., Spring, M., and Davies, P. (2018). «A Review and Methodology Development for Remaining Useful Life Prediction of Offshore Fixed and Floating Wind Turbine Power Converter with Digital Twin Technology Perspective»

Ayani, M., Ganebäck, M., and Ng, A. (2018). «Digital Twin: Applying Emulation for Machine Reconditioning»

Dröder, K., Bobka, P., Germann, T., Gabriel, F., and Dietrich, F. 2018. «A Machine Learning-Enhanced Digital Twin Approach for Human-Robot-Collaboration»

Klostermeier, R., Haag, S., and Benlian, A. 2018. «Digitale Zwillinge – Eine explorative Fallstudie zur Untersuchung von Geschäftsmodellen»

Abramovici, M., Göbel, J. C., and Savarino, P. (2017). «Reconfiguration of Smart Products during Their Use Phase Based on Virtual Product Twins»

M. Kunath e H. Winkler, (2018). «Integrating the Digital Twin of the manufacturing system into a decision support system for improving the order management process»

E.J. Tuegel, A.R. Ingraffea, T.G. Eason, S.M. Spottswood (2011). «Reengineering aircraft structural life prediction using a digital twin»

Luigi Manca, Roberto Grugni, Ramin Mirzazadeh (2018). «Una copia digitale della realtà che permette di simulare e ottenere risposte in un ambiente sicuro e privo di rischi», Sito Web: <https://www.eng.it/white-papers/digital-twin>. Ultimo accesso: 28/11/2019

Manuel Holler, Falk Uebernickel, and Walter Brenner (2016). «digital twin concepts in manufacturing industries - a literature review and avenues for further research», Sito Web: [https://www.researchgate.net/publication/326683102\\_Digital\\_Twin\\_Concepts\\_in\\_Manufacturing\\_Industries\\_-\\_A\\_Literature\\_Review\\_and\\_Avenues\\_for\\_Further\\_Research](https://www.researchgate.net/publication/326683102_Digital_Twin_Concepts_in_Manufacturing_Industries_-_A_Literature_Review_and_Avenues_for_Further_Research). Ultimo accesso: 28/11/2019

T4SM (2019). «Case Studies», Sito Web: <https://www.toolsforsmartminds.com/it/case-study>. Ultimo accesso: 28/11/2019

Tenenga (2019). «Case Studies», Sito Web: <https://www.tenenga.it/case-studies/>. Ultimo accesso: 04/11/2019

Libelium (2019). «Libelium case studies», Sito Web: <http://www.libelium.com/libeliumworld/case-studies/>.

Ultimo accesso: 04/11/2019

Gloria Cervelli, Simona Pira, Leonello Trivelli (2017). «Industria 4.0 Senza Slogan», Sito Web: Ultimo accesso: 05/11/2019

B810 Srl (2019). «Additive Manufacturing and R&D: how 3D Printing influences the time-to-market process in B810 Srl», Sito Web: <https://www.b810group.it>. Ultimo accesso: 05/11/2019

Siemens (2019). «Gemello digitale (Digital Twin)», Sito Web: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/it/our-story/glossary/digital-twin/24465>. Ultimo accesso: 10/11/2019

Team3D (2019). «INDUSTRY 4.0: DIGITAL TWIN», Sito Web: <https://www.team3d.it/digital-twin/>. Ultimo accesso: 05/11/2019

Lumi4Innovation (2019). «Digital twin: cos'è, come funziona e perché è utile agli smart building» Sito Web: <https://www.lumi4innovation.it/integrazione/digital-twin-cose-come-funziona-e-perche-e-utile-agli-smart-building/>. Ultimo accesso: 05/11/2019

Elsevier (2015). «A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems» Sito Web: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221384631400025X>. Ultimo accesso: 23/11/2019

Automazione (2018). «Digital Twin», Sito Web: <https://www.automazione.it/digital-twin/>. Ultimo accesso: 05/11/2019

Elsevier (2019). «Digital Twin-driven smart manufacturing: Connotation, reference model, applications and research issues» Sito Web: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0736584519302480>. Ultimo accesso: 03/11/2019

Deloitte Insight (2019). «Industry 4.0 & Digital Twin», Sito Web: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html>. Ultimo accesso: 03/11/2019

Deloitte (2019). «Industry 4.0. Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies», Sito Web: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>. Ultimo accesso: 20/10/2019

Azad M. Madni, Carla C. Madni and Scott D. Lucero (2019). «Leveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering», Sito Web: [https://www.researchgate.net/publication/330749986\\_Leveraging\\_Digital\\_Twin\\_Technology\\_in\\_Model-Based\\_Systems\\_Engineering](https://www.researchgate.net/publication/330749986_Leveraging_Digital_Twin_Technology_in_Model-Based_Systems_Engineering). Ultimo accesso: 26/10/2019

Shiyong Wang, Jiafu Wan, Di Li, and Chunhua Zhang (2016). «Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook», Sito Web: [https://www.researchgate.net/publication/291385881\\_Implementing\\_Smart\\_Factory\\_of\\_Industrie\\_40\\_An\\_Outlook](https://www.researchgate.net/publication/291385881_Implementing_Smart_Factory_of_Industrie_40_An_Outlook). Ultimo accesso: 26/10/2019

Blunck, Werthmann (2017). «Industry 4.0 – an opportunity to realize sustainable manufacturing and its potential for a circular economy», Sito Web: <https://hrcak.srce.hr/file/276314>. Ultimo accesso: 27/10/2019

# 5. Allegati

## Questionario Industria 4.0 & Digital Twin



POLITECNICO  
DI TORINO



## Questionario Industria 4.0 & Digital Twin

Il presente questionario si inserisce all'interno della collaborazione tra il [Centro ICT for City Logistics and Enterprises \(ICELab@Polito\)](mailto:ICELab@Polito) ed il tessuto delle PMI.

Esso è composto da 6 sezioni:

1. Identificazione dell'Azienda rispondente;
2. Livello di conoscenza dei concetti afferenti al paradigma Industria 4.0;
3. Livello effettivo di implementazione dei concetti di Industria 4.0 in Azienda;
4. Livello di conoscenza del paradigma Digital Twin per l'Industria 4.0;
5. Suggerimenti e spunti al fine di migliorare le indagini future;
6. Recapiti dell'Azienda rispondente nel caso si desiderasse essere ricontattati per ulteriori indagini o per la condivisione di informazioni.

Il contributo della Sua Azienda è fondamentale per comprendere quanto Industria 4.0 sia realmente conosciuta in Italia, se siano già stati mossi i primi passi in questa direzione o se siano state riscontrate difficoltà nella sua implementazione e se i benefici attesi ed un generale clima di fiducia ed ottimismo superino le perplessità e le minacce potenziali insite nei grandi cambiamenti che il paradigma propone.

Ci sono 47 domande all'interno di questa indagine.

### INFORMAZIONI AZIENDA RISPONDENTE

**1 [1]Nome dell' Azienda rispondente: \***

Scrivi le tue risposte qui:

**2 [2]Posizione del rispondente nell'organigramma aziendale: \***

Scrivi le tue risposte qui:

**3 [3] Settore di appartenenza dell'Azienda: \***

Scegli solo una delle seguenti:

- Edilizia
- Consulenza
- Elettronica
- Education and Entertainment
- Utilities (energia, gas, acqua)
- Automotive
- Logistica, trasporti e stoccaggio
- Metalmeccanico
- Farmaceutico, sanitario, bio-tech
- Chimica e materiali
- ICT
- Tessile
- Food and Beverage
- Commercio e finanza
- Altro

**4 [4] L'azienda è attiva nell'ambito dei servizi o della manifattura? \***

Scegli solo una delle seguenti:

- Servizi
- Manifattura
- Altro

**5 [5] Dimensione aziendale (numero di dipendenti) : \***

Scegli solo una delle seguenti:

- Minore di 10
- Compreso tra 10 e 50
- Compreso tra 50 e 250
- Maggiore di 250

**6 [6] Mercati serviti: \***

Scegli tutte le corrispondenti:

- Nazionali
- Internazionali

**7 [7]Anno di fondazione: \***

Scrivi le tue risposte qui:

**8 [8]Fatturato (espresso in milioni di euro): \***

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Minore a 0,5
- Compreso tra 0,5 e 2
- Compreso tra 2 e 10
- Compreso tra 10 e 50
- Maggiore di 50

**9 [9]Vende in modo diretto o su commessa? \***

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Vendita diretta
- Per commessa

**10 [10]**

**Ha 1 o più fornitori principali(almeno il 30% delle materie prime/semilavorati) ?**

**\***

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Si
- No

**11 [10.a]Quanti fornitori principali ha ? \***

Rispondi **solo se** le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((10.NAOK == "Y"))

Scegli **solo una** delle seguenti:

- 1-3
- 3-10
- 10-20
- >20

**12 [12]All'incirca quanta % del fatturato dipende dai suoi clienti chiave ?**

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Minore del 25%
- Compreso tra 25% e 50%
- Compreso tra 50% e 75%
- Maggiore di 75%

**13 [11]Il suo cliente principale in quale mercato si identifica fra i seguenti: \***

Scegli **tutte** le corrispondenti:

- PMI
- Grande Impresa
- Vendita al dettaglio

**14 [13]Quale quota di mercato detiene l'azienda a livello nazionale? \***

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Meno del 5%
- Dal 5% al 10%
- Dal 10% al 20%
- Dal 20% al 30%
- Dal 30% al 50%
- Più del 50%
- Non sa/Non risponde

**15 [14]Gli ordini sono soggetti a picchi o fenomeni di stagionalità? \***

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Si verificano picchi di domanda imprevisti
- Si verificano picchi di domanda stagionali
- Non si verificano picchi di domanda o fenomeni di stagionalità
- Non sa/Non risponde

**16 [15] In che modo l'azienda affronta questi picchi o aumenti stagionali degli ordini? \***

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

\* ((14.NAOK == "A1" or 14.NAOK == "A2"))

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Si utilizzano margini della capacità produttiva (la capacità produttiva non è solitamente utilizzata al 100%)
- Si aumenta la capacità produttiva (straordinari, inserimento di forza lavoro stagionale, lavoro su più turni, lavoro nei giorni festivi)
- Si esternalizza parte della produzione
- Non sa/Non risponde

**17 [16] L'azienda ha mai partecipato ad iniziative sullo sviluppo tecnologico ed innovazione (quali bandi, progetti, finanziamenti ecc.)? \***

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì
- No
- Non so

## LIVELLO DI CONOSCENZA

**18 [1] Ha mai sentito parlare di Industria 4.0? \***

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì
- No

**19 [1.a] Dove ne ha sentito parlare? \***

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

\* ((1.NAOK == "A1"))

Scegli **tutte** le corrispondenti:

- Riviste scientifiche
- Seminari/conferenze/fiere
- Passaparola di settore
- Web
- Non ricordo
- Altro:

**20 [2]Indichi per ciascuna delle seguenti tecnologie il suo livello di conoscenza: \***

Scegli la risposta appropriata per ciascun item:

	Molto basso	Basso	Medio	Alto	Molto alto
Cloud	<input type="radio"/>				
Internet of Things	<input type="radio"/>				
Sistemi Ciberfisici (CPS,Cyberphysical Systems)	<input type="radio"/>				
Sistemi di sicurezza cibernetica (Cybersecurity Systems)	<input type="radio"/>				
Stampa 3D, Additive Manufacturing	<input type="radio"/>				
Sensori smart	<input type="radio"/>				
Big Data Analytics	<input type="radio"/>				
Realtà virtuale	<input type="radio"/>				
Robotica e intelligenza artificiale	<input type="radio"/>				
Wearable e dispositivi smart	<input type="radio"/>				

**Internet of Things:** è un network di prodotti fisici integrati con componenti elettronici, software e sensori capaci di connettersi alla rete, in modo da poter raccogliere e scambiare dati.

**I Cyber-Physical Systems:** sono tecnologie che fondono il mondo fisico con quello virtuale, ossia macchine e componenti fisici connessi e dotati di software e capacità computazionali.

**I Cybersecurity Systems:** sono quelle tecnologie che permettono alle imprese di proteggersi da possibili attacchi cibernetici ai propri sistemi ciberfisici tra cui crittografia e blockchain.

**Stampa 3D:** Per stampa 3D si intende la realizzazione di oggetti tridimensionali, mediante produzione additiva, partendo da un modello 3D.

**Big Data Analytics:** Per Big Data Analytics si intendono quelle tecnologie che permettono la raccolta, il processamento e l'analisi di grandi moli di dati.

**Realtà virtuale:** La realtà virtuale fa riferimento a quei dispositivi che permettono di generare una realtà simulata e l'interazione in un ambiente virtuale.

**Wearable:** I wearable sono dispositivi indossabili dotati di molteplici funzionalità, tra cui si annoverano smartwatch e smart glasses.

**21 [3]È a conoscenza di bandi/finanziamenti erogati da enti/fondi a favore dello sviluppo tecnologico e dell'implementazione delle tecnologie coerenti con il paradigma di Industria 4.0? \***

Scegli solo una delle seguenti:

- Sì  
 No

**22 [3.a]Di quali è a conoscenza? \***

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((3.NAOK == "A1"))

Scrivi le tue risposte qui:

**23 [3.b] È riuscito ad usufruire degli incentivi proposti dal piano Calenda? \***

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((3.NAOK == "A1"))

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì  
 No

**24 [4] È a conoscenza delle normative europee sulla gestione dati GDPR? \***

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì  
 No

**25 [5] Quali fra le seguenti azioni ha attuato o quali intende mettere in atto per adeguarsi alla normativa**

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((4.NAOK == "Y"))

Scegli **tutte** le corrispondenti:

- Fornire strumenti di consenso aggiornati con le nuove normative  
 Informare l'utente/cliente riguardo alle finalità del trattamento dei suoi dati personali e la profilazione alla quale sarà soggetto  
 Assumere un DPO (Data Protection Officer, responsabile dati )  
 Monitorare costantemente la gestione agli accessi e i permessi ai dati  
 Garantire un alto livello di protezione e sicurezza per i dati che varcano i confini nazionali  
 Gestire un archivio di dati sensibili (carte di credito, informazioni sulla salute) in un luogo molto sicuro.

**26 [6] Nel concetto di industria 4.0 spesso si fa riferimento a servizi esterni che coinvolgono l'utilizzo di dati della sua azienda. Considera la possibilità di permettere l'accesso a questi dati? \***

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì  
 No  
 In Parte

**27 [6.a] Per quali motivi ? \***

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:  
° ((6.NAOK == "2"))

Scegli **tutte** le corrispondenti:

- Scarsa sicurezza dei dati
- Diffidenza nei confronti di chi li gestisce
- I dati sono personali dell'azienda e solo chi ne fa parte può averne accesso
- Non vedo vantaggi economici nella condivisione di questi

**28 [6.b.1] Per le seguenti tipologie di dato quale grado di accessibilità da esterni o condivisione reputa più adeguato? \***

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:  
° ((6.NAOK == "3"))

Scegli la risposta appropriata per ciascun item:

	Inaccessibile	Parzialmente accessibile su richiesta	Totalmente accessibile su richiesta	Libero accesso
Dati legati a specifiche di produzione	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dati legati alla logistica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dati di monitoraggio del flusso di produzione	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dati sensibili di profilo cliente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**29 [7] È a conoscenza di criteri di sicurezza riguardo i dati informatici e alle tematiche in ambito di Cybersecurity?**

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì
- No

**30 [8] Quali fra queste tecniche di sicurezza informatica sono state adottate ? \***

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:  
° ((7.NAOK == "Y"))

Scegli **tutte** le corrispondenti:

- Reti aziendali chiuse con sistemi antintrusione e firewall
- Server interni aziendali con accessi controllati con funzioni di backup custoditi in ambienti sicuri
- Formazione del personale in ambito Cybersecurity (ad esempio: formare il dipendente riguardo a come accedere ai dati aziendali secondo criteri prestabiliti )

Nessuna delle soluzioni indicate precedentemente corrisponde al mio attuale livello di protezione, che invece consiste in ::

**31 [9] È a conoscenza delle soluzioni Cloud, come ad esempio SaS (Software as a Service, esempi: Dropbox, Google Drive)? \***

Scegli solo una delle seguenti:

- Sì
- No

**32 [9.a] Adotta soluzioni Cloud attualmente per le attività che coinvolgono l'azienda? \***

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((9.NAOK == "Y"))

Scegli solo una delle seguenti:

- Sì
- No

**33 [10] In riferimento alle risposte date alle domande precedenti, in relazione alla gestione dei dati dell'azienda, sarebbe disponibile alla condivisione di dati per servizi cloud? \***

Scegli solo una delle seguenti:

- Sì
- No
- Non so

**34 [11] Considera la sicurezza informatica offerta dai gestori di Servizi Cloud (come servizi di salvataggio di dati) più vulnerabile rispetto ai sistemi di protezione implementati in azienda (server in azienda)? \***

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((7.NAOK == "Y") and (9.NAOK == "Y"))

Scegli solo una delle seguenti:

- Sì
- No

## IMPLEMENTAZIONE EFFETTIVA CONCETTI DI INDUSTRIA 4.0

### 35 [1]Quali, tra le seguenti attività, ritiene importanti per il suo business? \*

Scegli **tutte** le corrispondenti:

- Manutenzione preventiva e predittiva
- Uso di Robot collaborativi (COBOT)
- Automatizzazione dei processi produttivi
- Sostenibilità ambientale e risparmio energetico
- Formazione sul campo dei dipendenti su utilizzo e gestione dei nuovi strumenti digitali
- Attrarre risorse esperte di mecatronica integrante meccanica, elettronica, informatica e controlli automatici
- Attrarre manager per governare innovazione e digitalizzazione
- Raccolta e analisi di dati sulle attività in essere
- Integrazione orizzontale (cioè espansione delle attività dell'impresa a prodotti, processi, know-how affini alla filiera già esistente) tramite protocolli standard di comunicazione
- Integrazione verticale (cioè internalizzazione delle fasi a monte/a valle della filiera in cui già opera l'impresa) tramite protocolli standard di comunicazione
- Progettazione dei prodotti assistita da calcolatore/strumenti di simulazione
- Produzione di piccoli lotti fortemente customizzati
- Flessibilità organizzativa e predisposizione al cambiamento
- Offerta di servizi in supporto ai prodotti fisici
- Allocazione di risorse ad attività di ricerca e sviluppo
- Formalizzazione di un approccio strategico per incentivare l'innovazione

**36 [2]Indichi dalla seguente lista di tecnologie il grado di effettiva implementazione di ciascuna di esse, facendo riferimento alla relativa definizione: \***

Scegli la risposta appropriata per ciascun item:

	Non di interesse	Di interesse, ma non ancora implementata	È nei piani	Implementata
Dati o software in Cloud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Internet of Things	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemi ciberfisici (Cyber-Physical Systems, CPSs)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemi di sicurezza cibernetica (Cybersecurity Systems)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stampa 3D, additive manufacturing	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sensori smart	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Big Data Analytics	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Realtà virtuale	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Robotica ed intelligenza artificiale	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wearable e dispositivi smart	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Internet of Things:** è un network di prodotti fisici integrati con componenti elettronici, software e sensori capaci di connettersi alla rete, in modo da poter raccogliere e scambiare dati.

**I Cyber-Physical Systems:** sono tecnologie che fondono il mondo fisico con quello virtuale, ossia macchine e componenti fisici connessi e dotati di software e capacità computazionali.

**I Cybersecurity Systems:** sono quelle tecnologie che permettono alle imprese di proteggersi da possibili attacchi cibernetici ai propri sistemi ciberfisici tra cui crittografia e blockchain.

**Stampa 3D:** Per stampa 3D si intende la realizzazione di oggetti tridimensionali, mediante produzione additiva, partendo da un modello 3D.

**Big Data Analytics:** Per Big Data Analytics si intendono quelle tecnologie che permettono la raccolta, il processamento e l'analisi di grandi moli di dati.

**Realtà virtuale:** La realtà virtuale fa riferimento a quei dispositivi che permettono di generare una realtà simulata e l'interazione in un ambiente virtuale.

**Wearable:** I wearable sono dispositivi indossabili dotati di molteplici funzionalità, tra cui si annoverano smartwatch e smart glasses.

**37 [3] Indichi i benefici attesi dall'implementazione delle tecnologie già in uso e di quelle che si è predisposti ad adottare:**

Scegli **tutte** le corrispondenti:

- Aumento di produttività
- Aumento di efficienza
- Aumento della qualità dei prodotti/processi
- Riduzione delle tempistiche (es. time-to-market, set-up)
- Aumento di affidabilità dei prodotti/processi
- Aumento della sicurezza dei lavoratori
- Riduzione dei costi
- Aumento dei profitti
- Livellamento dei carichi energetici e riduzione utilizzo di energia
- Maggiore soddisfazione dei consumatori
- Realizzazione di prodotti customizzati in piccoli lotti
- Aumento della trasparenza nelle attività svolte dai vari attori della filiera
- Interoperabilità tra i vari attori, sincronizzazione e scambio di informazioni
- Miglioramento del processo di controllo del ciclo di vita del prodotto
- Miglioramento del processo decisionale
- Altro:

**38 [4] Esiste in Azienda un piano di azione strategica formalizzato al fine di favorire l'innovazione? \***

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Per nulla
- E' in fase di sviluppo
- E' attualmente in atto

## DIGITAL TWIN

Recentemente nel contesto di **Industria 4.0**, si inseriscono nuove soluzioni software che permettono di replicare macchinari, in tempo reale, fornendone una copia digitale il più fedele possibile. Queste soluzioni sono implementabili ex novo con nuovi macchinari o con macchinari preesistenti ammodernati a scopo di re-fitting digitale. In letteratura questa nuova tecnologia acquisisce il nome di **Digital twin**. Le implementazioni del software **Digital Twin** attualmente si inquadrano nelle attività di monitoraggio della produzione e di manutenzione del macchinario. Nonostante queste siano le principali caratteristiche che vengono riconosciute nel **Digital Twin**, il suo reale valore aggiunto sembra convergere nella costituzione di un *"Database Macchina"* che lasci libero sfogo a nuove soluzioni di business specialmente legate all'analisi dei dati a scopo predittivo e di simulazione virtuale.

**39 [1] Sulla base della descrizione sopra, ha mai sentito parlare di Digital Twin? \***

Scegli solo una delle seguenti:

- Sì
- No

**40 [2] Reputa utile, per la sua attività, la possibilità di avere informazioni in tempo reale sullo stato dei propri macchinari, dell'intera linea produttiva e sulle attività svolte dai dipendenti? \***

Scegli solo una delle seguenti:

- Sì
- No

**41 [3]Quale importanza dà alle seguenti implementazioni? \***

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((2.NAOK == "Y"))

Scegli la risposta appropriata per ciascun item:

	Per nulla importante	Poco importante	Mediamente importante	Importante	Molto importante	Non applicabile
Informazioni in tempo reale sullo stato dei macchinari o dell'intera linea produttiva	<input type="radio"/>					
Informazioni in tempo reale sulle attività svolte dai dipendenti	<input type="radio"/>					
Dati raccolti in cloud e consultabili da qualsiasi computer connesso alla rete ed eventualmente da smartphone	<input type="radio"/>					
Possibilità di sfruttare i dati raccolti in tempo reale per effettuare delle simulazioni matematico-statistiche sui processi produttivi col fine di efficientare la produzione e le risorse impiegate.	<input type="radio"/>					
Condividere alcune delle informazioni raccolte con i suoi fornitori al fine di schedulare meglio le proprie attività produttive	<input type="radio"/>					
Condividere in modo automatico alcune delle informazioni raccolte (ad esempio stato dettagliato di produzione di una commessa) con i suoi clienti al fine di rendere più trasparenti i rapporti di business	<input type="radio"/>					
Possibilità di registrare e certificare in modo automatico/semiautomatico tutte le lavorazioni o attività necessarie alla produzione ed eventualmente previste dal contratto	<input type="radio"/>					
Possibilità di ricevere suggerimenti e indicazioni automatici riguardo la conformità dei processi/lavorazioni rispetto alle norme ISO di settore	<input type="radio"/>					
Analisi predittive, sui dati raccolti, volte a segnalare la data futura di guasto dei macchinari	<input type="radio"/>					
Analisi predittive, sui dati raccolti, volte a segnalare l'impossibilità di consegnare una commessa in tempo	<input type="radio"/>					

**42 [5] Tutti i benefici del Digital Twin sono ad oggi oggetto di incentivi statali riguardo l'Industria 4.0, sarebbe disposto ad investire su tali implementazioni?: \***

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì, sono interessato alla tecnologia e prevedo entro un breve periodo di implementarlo
- Sì, sono interessato ma preferirei vedere i risultati di casi d'uso che lo implementano
- No, non reputo sia una tecnologia utile

**43 [8] Negli ultimi 3 anni ha effettuato investimenti in Industria 4.0? \***

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì
- No

**44 [8.a] Ha avuto dei miglioramenti effettivi, anche in termini di aumento fatturato ? \***

Rispondi solo se le seguenti condizioni sono rispettate:

° ((8.NAOK == "Y"))

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Sì
- No

**45 [9] Se ha effettuato o pensa di effettuare investimenti sull'Industria 4.0, in che lasso di tempo si aspetta di averne un ritorno economico? \***

Scegli **solo una** delle seguenti:

- Breve Periodo
- Medio Periodo
- Lungo Periodo

## SUGGERIMENTI

**46 [1] Se c'è qualche aspetto che giudica significativo e che non è stato trattato in questo questionario lo indichi di seguito:**

Scrivi le tue risposte qui:

## RECAPITI

**47 [1] Si fornisca un recapito se si desidera essere contattati in futuro per ulteriori indagini o per ricevere i risultati della nostra ricerca:**

Scrivi le tue risposte qui: