POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

Dal *Piano Industria 4.0* al *Piano Transizione 4.0*

analisi dell'impatto delle politiche industriali 4.0 sulle PMI italiane e prospettive future

Relatore:

Prof. Silvano Guelfi

Candidato:

Vincenzo Massaro

Anno accademico 2020/2021

Sommario

Il presente lavoro di tesi si pone l'obiettivo di analizzare nel dettaglio gli effetti prodotti sul tessuto industriale italiano, nello specifico sul comparto delle Piccole e Medie Imprese, dai piani di politica industriale sviluppati dal governo italiano per favorire la transizione del settore manifatturiero verso il paradigma *Industry 4.0.*

Il governo italiano ha varato nel 2016 il *Piano Nazionale Industria 4.0*, ribattezzato poi *Piano Nazionale Impresa 4.0,* finanziato con la legge di bilancio 2017 e riconfermato, con nuovi stanziamenti, in quella del 2018 e del 2019. Gli interventi previsti consistevano, da un lato, in contributi diretti e indiretti alle imprese per investimenti tecnologici, per lo sviluppo delle competenze digitali e per l'accesso al credito, dall'altro in incentivi di carattere fiscale, sotto forma di sgravi di imposta.

Sono trascorsi quasi cinque anni dall'introduzione del Piano. I dati del MISE confermano un bilancio tutto sommato positivo degli effetti di Industria 4.0 sul tessuto industriale italiano. Gli incentivi del *Piano Industria 4.0*, e successivamente del *Piano Impresa 4.0*, hanno prodotto un effetto leva sugli investimenti, determinando di anno in anno una crescita significativa del mercato dei progetti 4.0 in Italia. Tuttavia, sul totale delle imprese che hanno beneficiato delle misure, oltre il 60% degli incentivi hanno interessato le grandi imprese, a discapito delle PMI italiane. Mentre le grandi imprese hanno investito nella trasformazione digitale con sempre maggiore convinzione, le PMI hanno rincorso a fatica. Tale scenario risulta alquanto sorprendente, dal momento che le Piccole e Medie Imprese costituiscono la spina dorsale dell'economia italiana, rappresentando, insieme alle microimprese, il 99,8% del totale delle imprese operanti sul territorio italiano, contro lo 0,2% costituito dalle grandi imprese, e generano da sole il 38% del valore aggiunto. Pertanto, qualcosa non ha funzionato. Alla luce di tali osservazioni, il seguente lavoro di tesi andrà ad individuare ed analizzare le cause che hanno determinato l'insuccesso dei Piani 4.0 nei confronti del comparto delle Piccole e Medie Imprese italiane. Si partirà da una valutazione dello stato attuale della maturità digitale delle PMI italiane, avvalendosi delle indagini condotte dall'Osservatorio Transizione Industria 4.0, al fine di conoscere i punti di debolezza delle PMI in termini di tecnologie e competenze digitali. Successivamente, si passerà all'identificazione delle principali barriere che possono essere causa di rallentamento, o addirittura di impedimento, del processo di

implementazione di Industria 4.0 all'interno delle PMI. Una volta individuate le barriere alla trasformazione digitale, verranno identificate le condizioni abilitanti e le azioni necessarie per garantire il successo del processo di trasformazione digitale delle PMI. Verranno infine proposti alcuni interventi auspicabili per i futuri Piani 4.0, facendo anche riferimento a casi di successo europei, al fine di superare i limiti che hanno caratterizzato i Piani precedenti.

L'analisi condotta sarà utile per capire come le PMI italiane si sono presentate di fronte all'avvento della Pandemia di Covid-19, una crisi sanitaria ed economica che ha messo a dura prova le imprese di tutto il mondo, compromettendone la continuità operativa quotidiana e stravolgendone i piani strategici di breve e medio periodo. Si passeranno in rassegna le principali soluzioni tecnologiche adottate dalle imprese, in particolare dalle PMI, per far fronte alle sfide poste dalla Pandemia. È proprio in questo scenario di incertezza, infatti, che le tecnologie 4.0 hanno rappresentato un'ancora di salvezza per le imprese, dimostrandosi essenziali per la loro sopravvivenza e garantendo la continuità operativa degli impianti produttivi e delle filiere logistiche.

La trasformazione digitale è diventata una priorità per i governi dei Paesi Europei, costituendo uno dei pilastri principali del *Next Generation EU* (NGEU), un programma lanciato dall'Unione Europea in risposta alla crisi economica innescata dal Covid-19, il quale si propone di rilanciare l'economia europea all'insegna della transizione ecologica, della digitalizzazione, della competitività, della formazione e dell'inclusione sociale. Industria 4.0 costituisce uno dei pilastri su cui si fonda il *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza* sviluppato dal governo Draghi e presentato alla Commissione Europea. Su questo fronte, verranno analizzate le principali misure introdotte dal nuovo *Piano Transizione 4.0*, che sostituisce il *Piano Impresa 4.0*, a supporto del quale sono stati stanziati circa 24 miliardi di euro, per una misura che diventa strutturale e che vede la modifica degli incentivi precedentemente in vigore, con l'obiettivo di superare i limiti che hanno reso inefficaci i Piani 4.0 precedenti nei confronti delle PMI.

Indice

Capitolo 1 Paradigma Industry 4.0 1

1.1 Definizione 1

1.2 Tecnologie abilitanti 3

1.2.1 Internet of Things 4

1.2.1.1 Applicazioni industriali 4

1.2.1.2 Sfide e problemi aperti 5

1.2.3 Big Data 6

1.2.3.1 Applicazioni industriali 8

1.2.4 Cloud Computing 8

1.2.4.1 Fog Computing 9

1.2.5 Intelligenza Artificiale 10

1.2.5.1 Applicazioni industriali 11

1.2.6 Simulazione 11

1.2.6.1 Digital Twin 12

1.2.7 Realtà Virtuale e Realtà Aumentata 13

1.2.8 Robotica Industriale 13

1.2.9 Additive Manufacturing 14

1.2.10 Cyber Physical Systems (CPS) 15

1.2.11 Integrazione verticale e orizzontale 15

1.2.12 Cybersecurity 16

1.3 Benefici legati all'implementazione di Industry 4.0 17

1.3.1 Dal prodotto tradizionale allo "smart product" 20

1.4 Criticità legate all'implementazione di Industry 4.0 21

1.5 Come approcciarsi al Paradigma Industry 4.0 24

Capitolo 2 Paradigma Industry 4.0 in Italia 26

2.1 Quadro economico dell'industria manifatturiera italiana 26

2.2 Il *Piano Nazionale Industria 4.0* 29

2.2.1 Iper e Superammortamento 31

2.2.2 Nuova Sabatini 32

2.2.3 Credito d'Imposta R&S 32

2.2.4 Patent Box ... 33
2.2.5 Fondo di Garanzia PMI ... 33
2.2.6 Startup e PMI Innovative ... 33
2.2.7 ACE (Aiuto alla Crescita Economica) ... 34
2.2.8 IRES e IRI ... 34
2.2.9 Salario di Produttività ... 35
2.2.10 Digital Innovation Hub e Competence Center ... 35
2.2.11 Piano Banda Ultra-larga ... 36
2.3 Dal *Piano Industria 4.0* al *Piano Impresa 4.0* ... 37
2.3.1 Misure "Ex-Piano Industria 4.0" prorogate e modificate ... 38
2.3.2 Nuove misure introdotte dal *Piano Impresa 4.0* ... 40
2.4 Impatto delle politiche 4.0 sul tessuto industriale italiano (2017-2019) ... 41
2.4.1 Evidenze 2017 ... 41
2.4.2 Evidenze 2018 ... 45
2.4.3 Evidenze 2019 ... 47
2.4.4 Evidenze sull'occupazione ... 49
2.5 Conclusioni ... 49

Capitolo 3 PMI e Industria 4.0: un rapporto difficile ... 53

3.1 Impatto di Industria 4.0 sulle PMI italiane ... 53
3.2 Maturità digitale delle PMI italiane ... 56
3.3 Barriere all'implementazione di Industria 4.0 nelle PMI ... 61
3.4 Condizioni abilitanti e azioni per il successo di I4.0 nelle PMI ... 67
3.4.1 Interventi governativi auspicabili per i futuri Piani 4.0 ... 73

Capitolo 4 Il futuro di Industria 4.0 ... 76

4.1 Impatto del Covid-19 su Industria 4.0 ... 76
4.1.1 Il digitale ai tempi del Covid-19: un'ancora di salvezza per le PMI ... 81
4.1.2 Digitalizzazione: un'opportunità per ripartire ... 82
4.2 Next Generation EU: una risposta alla crisi da Covid-19 ... 83
4.2.1 Il *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza* ... 84
4.2.1.1 La missione Digitalizzazione ... 86
4.3 Il Piano Transizione 4.0 ... 88

4.3.1 Credito d'imposta per investimenti in beni strumentali 90
4.3.2 Credito d'imposta ricerca, sviluppo, innovazione e design 91
4.3.3 Credito d'imposta formazione 4.0 92

Conclusioni 94

Bibliografia e sitografia 104

Elenco delle Figure

Figura 1: Le quattro rivoluzioni industriali (fonte: rematarlazzi.it)**…….....1**

Figura 2: Industrial Internet of Things (fonte: rocknetworks.com)**…….4**

Figura 3:5V Big Data (fonte: onlinelibrary.wiley.com)**……7**

Figura 4: IaaS-PaaS-SaaS (fonte: vitolavecchia.altervista.org)**…….....9**

Figura 5: Cloud vs Fog computing (fonte: www.energomonitor.com)**.....10**

Figura 6: Digital Twin (fonte: industry.itismagazine.it)**……12**

Figura 7: schema CPS (fonte: www.designworldonline.com)**.....15**

Figura 8: Numero di tecnologie utilizzate: distribuzione percentuale delle imprese per classi (asse sx) e numero medio di tecnologie impiegate (asse dx) (fonte: MISE)**……..42**

Figura 9: Rilevanza degli incentivi nella decisione di investire delle imprese per dimensione (fonte: ISTAT)**……..44**

Figura 10: Il mercato 4.0 in Italia nel quadriennio 2015-2018 (fonte: «*INDUSTRIA 4.0: BUSINESS SCENARIO E CASE HISTORY*», 23/10/19 Osservatori Digital Innovation-Politecnico di Milano- Dipartimento Ingegneria Gestionale © www.osservatori.net)**...46**

Figura 11: Quadro applicativo italiano (fonte: «*INDUSTRIA 4.0: BUSINESS SCENARIO E CASE HISTORY*», 23/10/19 Osservatori Digital Innovation-Politecnico di Milano-Dipartimento Ingegneria Gestionale © www.osservatori.net)**.....48**

Figura 12: Tassi di crescita annuali del mercato Industria 4.0 in Italia (fonte: «*INDUSTRIA 4.0: BUSINESS SCENARIO E CASE HISTORY*», 23/10/19 Osservatori Digital Innovation-Politecnico di Milano- Dipartimento Ingegneria Gestionale © www.osservatori.net)**.....50**

Figura 13: Utilizzo Iperammortamento Beni Materiali (credit: MISE)**……..50**

Figura 14: La maturità digitale delle PMI Italiane (fonte: Osservatori Digital Innovation-Politecnico di Milano- Dipartimento Ingegneria Gestionale © www.osservatori.net)**.....59**

Figura 15: Percorso di riferimento per l'implementazione di Industria 4.0 (fonte: «*Industria 4.0 senza slogan*», Fondazione Giacomo Brodolini, 2017)**……71**

Figura 16: Ripartizione fondi UE in base al PNRR (credit: https://www.lapam.eu/notizie/trend-economia/economia-circolare/cosa-ce-per-le-imprese-nel-piano-nazionale-di-ripresa-e-resilienza/)**.....84**

Capitolo 1

Paradigma Industry 4.0

1.1 Definizione

L'industrializzazione ha avuto inizio verso la fine del XVIII secolo con l'introduzione delle attrezzature di produzione meccanica, resa possibile dalla scoperta e dall'impiego dell'energia a vapore nella produzione di beni. Questa *Prima Rivoluzione Industriale* è stata seguita da una *Seconda Rivoluzione Industriale* (fine XIX secolo), contrassegnata dall'utilizzo di nuove fonti energetiche, come l'energia elettrica, e dall'introduzione della catena di montaggio, innovazioni che hanno determinato l'avvento della produzione di massa dei beni. Successivamente, nei primi anni '70, si è affermata una *Terza Rivoluzione Industriale,* caratterizzata dall'impiego delle conoscenze nel campo dell'elettronica e della tecnologia dell'informazione per ottenere una maggiore automazione dei processi di produzione.

Da qui in poi i progressi sempre più avanzati nel campo delle tecnologie digitali hanno trasformato, e continuano tuttora a trasformare, il comparto industriale a un ritmo senza precedenti. L'impatto è stato prorompente in tutti i principali settori dell'economia e si è esteso su scala globale, dando così inizio al fenomeno cosiddetto "Industry 4.0" o "Quarta Rivoluzione Industriale".

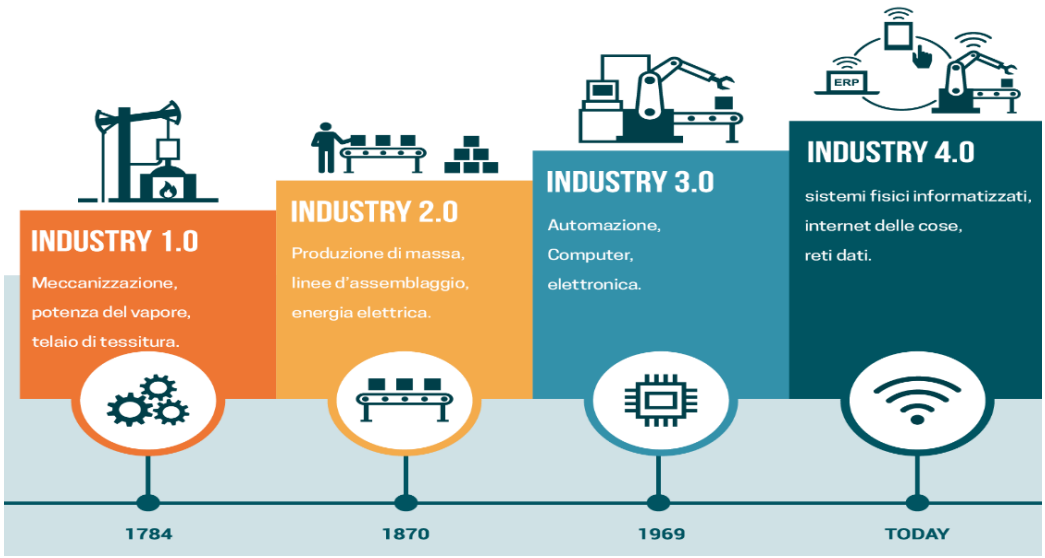

Figura 1: Le quattro rivoluzioni industriali (fonte: rematarlazzi.it)

La maggior parte degli accademici tende a considerare *Industry 4.0* una evoluzione della *Terza Rivoluzione Industriale* poiché, a differenza di quest'ultima, non si focalizza sulla sola automazione dei processi produttivi, ma introduce un nuovo paradigma di fabbrica basato sulla digitalizzazione, l'integrazione e la connettività dei processi, non solo interni ma dell'intera catena del valore, grazie alla combinazione delle tecnologie informative e digitali con le tecnologie di produzione. Si tratta di un approccio completamente nuovo alla produzione industriale, non più considerata una sequenza di fasi distinte bensì un flusso integrato [1].

Il paradigma *Industry 4.0* affonda le sue radici in Germania, dove è stato formalizzato nel 2011 durante la fiera di Hannover. Si riferisce ad una strategia industriale consistente in "una serie di rapide trasformazioni nella progettazione, produzione, funzionamento e assistenza di sistemi produttivi, una trasformazione globale dell'intera sfera della produzione industriale attraverso la fusione della tecnologia digitale e di Internet con l'industria convenzionale" [2]. Nonostante *Industry 4.0* sia un fenomeno ormai consolidato in ambito industriale non esiste ancora una definizione univoca. Lo stesso termine, infatti, non è universalmente utilizzato per descrivere questo cambiamento. Alcuni termini alternativi utilizzati per descrivere il fenomeno sono: *Cyber Physical Systems, Internet of Things and Services, Smart Manufacturing* e *Industrial Internet*. Pertanto, si richiamano alcune delle definizioni più accreditate del paradigma *Industry 4.0*:

"Il termine Industry 4.0 si riferisce alla Quarta Rivoluzione Industriale, una nuova fase nell'organizzazione e nella gestione dell'intera catena del valore durante il ciclo di vita del prodotto. Questo ciclo è sempre più orientato alle esigenze dei singoli clienti e si estende dalla progettazione, sviluppo e produzione fino alla consegna del prodotto al cliente finale e al suo riciclaggio, compresi tutti i servizi associati. Tutti gli elementi coinvolti nella catena del valore sono collegati in modo che le informazioni rilevanti siano disponibili in tempo reale e utilizzate per ricavare valore aggiunto. Collegare persone, oggetti e sistemi produce reti dinamiche, auto-organizzate e interaziendali che possono essere aggiornate in tempo reale e ottimizzate sulla base di diversi criteri, tra cui costi, disponibilità e consumo di risorse " [3].

"Per Industry 4.0 si intende l'organizzazione dei processi produttivi basati sulla tecnologia e sui dispositivi che comunicano autonomamente tra loro lungo la catena del

valore: un modello della fabbrica "intelligente" del futuro dove i sistemi computerizzati controllano i processi fisici, creano una copia virtuale del mondo fisico e determinano decisioni basate sui meccanismi di auto-organizzazione" [4].

Alla luce delle definizioni sopra riportate è possibile delineare le caratteristiche chiave del paradigma *Industry 4.0*: si tratta di una trasformazione della catena del valore attraverso la digitalizzazione e l'interconnessione di tutte le sue fasi, dall'approvvigionamento fino al servizio post-vendita. Alla base di tale processo di trasformazione vi è l'impiego di nuove tecnologie e dispositivi, sia hardware sia software, che garantiscono una elevata connessione tra le persone, i dispositivi e le macchine, permettendo di creare dei sistemi integrati in grado di rispondere autonomamente e tempestivamente a qualsiasi cambiamento delle condizioni esterne e grazie ai quali i dati e le informazioni vengono trasmessi in tempo reale all'interno del contesto aziendale e tra più aziende appartenenti alla stessa catena del valore. Si realizza così il passaggio da un sistema produttivo reattivo ad uno proattivo.

1.2 Tecnologie abilitanti

Le tecnologie abilitanti rappresentano "il nucleo tecnologico alla base dell'implementazione di *Industry 4.0*, la cui confluenza forma il complesso tecnologico dell'attività manifatturiera di un'azienda" [5]. Secondo la definizione fornita dalla Commissione Europea "si tratta di tecnologie ad alta intensità di conoscenza e associate a elevate attività di R&D, a cicli di innovazione rapidi, a consistenti spese di investimento e a posti di lavoro altamente qualificati" [6]. Per sfruttare al meglio il potenziale di tali tecnologie e realizzare soluzioni efficienti ed efficaci di fabbrica intelligente è fondamentale innescare delle sinergie tra di esse. Infatti, i dispositivi tecnologici offerti da *Industry 4.0* generano valore solo se considerati a livello sistemico, secondo la regola di "super additività", in base alla quale il tutto è più della somma delle singole parti. Pertanto, la possibilità di ottenere sinergie dall'integrazione delle tecnologie abilitanti è di gran lunga più importante dell'impiego delle singole tecnologie [7].
Nei successivi paragrafi si passeranno in rassegna le principali tecnologie abilitanti di *Industry 4.0*, individuate da accademici ed esperti del settore.

1.2.1 Internet of Things

Risale al 1999 l'introduzione dell'*Internet of Things*, espressione attribuita a Kevin Ashton del MIT per descrivere "una rete di sensori e dispositivi incorporati in componenti, macchinari e prodotti finali, e collegati tramite Internet ai sistemi informativi aziendali." [8].

La tecnologia IoT esaspera il concetto di comunicazione, estendendolo all'interazione tra macchine, operatori, processi e sotto-processi.

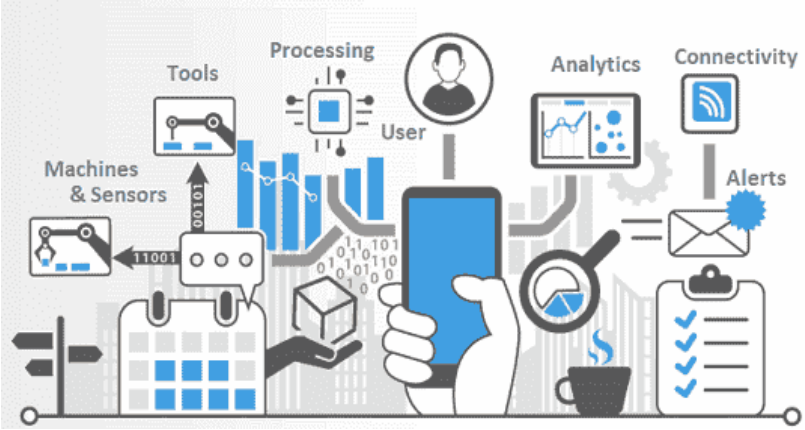

Figura 2: Industrial Internet of Things (fonte: rocknetworks.com)

Alla base della tecnologia IoT vi è la possibilità per ogni dispositivo appartenente alla rete di essere identificato in modo univoco tramite un indirizzo IP e di poter scambiare dati con altri dispositivi o software in modo automatico tramite standard e protocolli di comunicazione [9].

1.2.1.1 Applicazioni industriali

Le applicazioni dell'IoT interessano numerosi settori: robotica, automotive, domotica, telematica, smart city e telecontrollo. La logistica, in particolare, rappresenta un terreno feritile di applicazione dell'IoT, data la necessità di ridurre i tempi per lo scambio di informazioni. Un esempio di applicazione IoT in ambito logistico è rappresentato dalla tecnologia RFID (Radio Frequency Identification), una tecnologia per l'identificazione attraverso trasmissione a radiofrequenza in grado di conferire agli oggetti un'identità

univoca ed una propria memoria. Un sistema RFID consiste tradizionalmente di tre elementi fondamentali:

● Il tag (o transponder), costituito da un circuito integrato dotato di memoria e da un'antenna per la ricezione e la trasmissione di segnali radio; il circuito e l'antenna sono integrati su di un supporto fisico;

● Il reader, costituito da un ricetrasmettitore controllato da un microprocessore usato per la lettura del tag RFID e per la comunicazione con eventuali sistemi informativi esterni;

● Il Sistema di Gestione, ovvero un sistema informativo connesso in rete con il reader, che consente, a partire dai codici identificativi dei tag, di ricavare e gestire in base agli scopi dell'applicazione tutte le informazioni contenute nei tag.

Il compito di un sistema RFID è quello di utilizzare le comunicazioni in radiofrequenza per lo scambio di dati fra un dispositivo portatile dotato di memoria e un computer o PLC. L'antenna del tag consente al circuito integrato di trasmettere le informazioni contenute nella memoria al lettore (reader); il lettore converte in informazioni digitali le onde radio trasmesse dal tag RFID e ne permette l'invio al sistema informativo esterno, tramite il quale i dati possono essere lavorati e gestiti. Data la loro capacità di memorizzare i dati è possibile utilizzare dei TAG RFID per eseguire la tracciabilità di ogni prodotto lungo la fase di produzione e assemblaggio. È infatti possibile memorizzare lo stato di un pezzo aggiornando il tag ogni volta che viene eseguita sul pezzo una nuova lavorazione. In questo modo si è sempre consapevoli delle lavorazioni che il semilavorato in questione ha subito e dei problemi che eventualmente ha avuto durante il ciclo produttivo [10].

L'IoT permette inoltre di rilevare in modo tempestivo eventuali malfunzionamenti del sistema: i sensori installati a bordo macchina inviano avvisi nel momento in cui qualche componente necessita di attenzione, ad esempio segnalando dove si trovano le parti di ricambio. In questo modo si favorisce il passaggio da politiche di manutenzione reattiva a politiche di manutenzione predittiva, facendo in modo che gli interventi di manutenzione vengano svolti quando sia effettivamente necessario piuttosto che secondo piani programmati [11].

1.2.1.2 Sfide e problemi aperti

L'IoT, nonostante gli innumerevoli vantaggi offerti al mondo dell'industria, nasconde alcune problematiche. Infatti, l'aumento del numero e della varietà dei dispositivi ha reso

sempre più necessario garantire l'interoperabilità tra dispositivi di produttori differenti. Un altro problema riguarda le limitazioni nell'uniformità delle politiche di sicurezza e privacy che interessano i dispositivi IoT disponibili attualmente sul mercato. Per colmare tali lacune è necessario instaurare una proficua cooperazione fra aziende, produttori di dispositivi IoT e centri di ricerca, al fine di creare tecnologie che rendano favorevole lo sviluppo dell'Internet of Things [12].

1.2.3 Big Data

Negli ultimi decenni il volume di dati disponibili per le imprese è cresciuto in modo esponenziale e vi è sempre più consapevolezza dell'importanza dei dati come fonte di valore per sviluppare nuovi modelli di business.

I Big Data riguardano "il volume dei dati digitali disponibili nell'ambiente individuale, fisico e industriale a partire dai sensori, macchinari, infrastrutture IT, dispositivi mobili, centraline elettroniche, apparati di telecomunicazione" [13].

Nel 2001 Dug Laney ha introdotto un modello, detto delle 3V, che evidenzia le caratteristiche peculiari dei Big Data, focalizzandosi sulle variabili lungo le quali si sviluppa tale tecnologia. Tali variabili sono:

1. **Volume**: fa riferimento alla dimensione dei database utilizzati per immagazzinare i dati. Questi ultimi, infatti, aumentano in maniera esponenziale e richiedono una elevata potenza hardware e complessi algoritmi per essere gestiti. La quantità dei dati immagazzinati si è spostata dai terabyte agli zettabyte (1 triliardo di byte);
2. **Varietà**: la tipologia dei dati a disposizione dell'azienda non è più uniforme ma costituita da dati testuali, immagini, audio e video. Per integrare dati strutturati (solitamente numerici) con dati non strutturati (testi, immagini, video) servono piattaforme specifiche, di recente generazione, e persone in grado di renderle operative ed efficaci, perfettamente rispondenti agli obiettivi prefissati dall'azienda [14];
3. **Velocità**: fa riferimento alla velocità con la quale si trasmettono i dati. Una ridotta velocità di raccolta ed elaborazione delle informazioni spingerebbe le aziende ad essere restie all'acquisto di pacchetti dati riguardanti potenziali consumatori o attuali clienti. Lo stesso discorso vale per le aziende di sicurezza informatica: un flusso di dati deve essere studiato e analizzato in maniera molto rapida per rilevare

la presenza o meno di nuove minacce informatiche. La velocità di trasmissione e analisi dei dati è di conseguenza un punto chiave per il successo dei Big Data.

Oggi il paradigma di Laney è stato arricchito di altre due variabili, portando alla nascita del cosiddetto *Modello delle 5V* dei Big Data. Le variabili aggiunte sono:

4. **Valore**: l'accelerazione del processo di digitalizzazione sta coinvolgendo tutti i settori industriali. L'esigenza è quella di immagazzinare, classificare e analizzare opportunamente i dati. Tutto ciò è finalizzato all'estrazione di valore al fine di individuare nuove opportunità di business;
5. **Veridicità:** i dati devono essere affidabili. Con i Big Data questa sfida è ancora più difficile da affrontare: cambiano le tecnologie di gestione dei dati, cambia la velocità con la quale i dati vengono raccolti e aumentano le fonti. La qualità e l'integrità delle informazioni rimane però un pilastro imprescindibile per dar vita ad analisi che siano utili e affidabili [15].

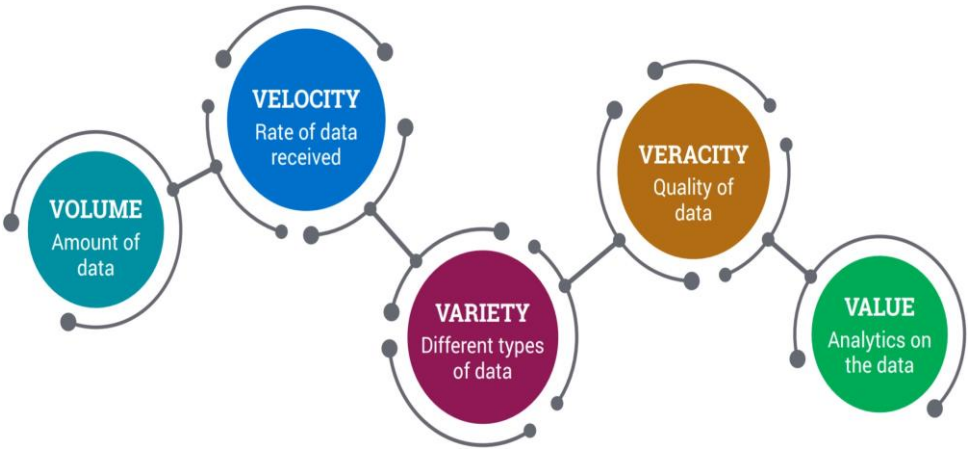

Figura 3:5V Big Data (fonte: onlinelibrary.wiley.com)

Alla luce di quanto è stato appena esposto, è possibile affermare che per il successo di *Industry 4.0* è fondamentale realizzare in tempo reale l'analisi e l'elaborazione intelligente di enormi volumi di dati che provengono da varie sorgenti. Pertanto, è essenziale sviluppare algoritmi in grado di immagazzinare, analizzare e trasmettere in modo efficace ed efficiente le informazioni contenute nei Big Data. Soltanto in questo modo i Big Data possono rappresentare un valido strumento di supporto alle decisioni delle imprese.

1.2.3.1 Applicazioni industriali

I Big Data sono alla base del modello di gestione delle informazioni provenienti dai sensori e dalle unità di controllo collegate in rete, le quali trasformano le macchine in sorgenti di dati che il software raccoglie ed elabora. Le tecniche di Data Mining e Data Analytics consentono di monitorare automaticamente macchine e impianti, individuando tendenze caratteristiche e segnalando la presenza di eventuali anomalie. Big Data di supervisione possono essere facilmente presentati sottoforma di report, tendenze e KPI. Molte aziende possono utilizzare algoritmi di analisi dei dati anche per il controllo della qualità della produzione. In questo modo è possibile individuare eventuali anomalie nella produzione e le cause che le hanno determinate, riducendo al minimo errori e imperfezioni. Alla luce di ciò, la diffusione di Big Data rappresenta un punto di svolta nella gestione del processo produttivo [16].

1.2.4 Cloud Computing

Il Cloud Computing si basa su una serie di tecnologie che permettono di elaborare, archiviare e memorizzare dati grazie all'utilizzo di risorse hardware e software distribuite nella rete.

I componenti principali di una piattaforma cloud sono i seguenti:

1. Lo spazio di archiviazione, composto da un'architettura complessa per immagazzinare i dati;
2. I nodi di calcolo, che si occupano dell'elaborazione dei dati;
3. I controller, per la migrazione dei dati.

Quando si parla di Cloud si distingue tra cloud pubblico, privato e ibrido. Si parla di Cloud pubblico quando i servizi e le infrastrutture sono forniti attraverso una rete pubblica e contenuti in data center forniti da terze parti tramite Internet. Si parla, invece, di Cloud privato quando i servizi e le infrastrutture sono forniti attraverso una rete privata e contenuti in data center interni all'azienda che non consentono a nessun altro, a parte la società proprietaria del cloud privato, di accedervi. Un cloud ibrido è invece una combinazione tra cloud pubblico e privato.

Accanto a questa divisione ne esiste una più specifica, ossia quella tra IaaS (Infrastructure as a Service), PaaS (Platform as a Service), SaaS (Software as a Service).

SaaS è “un modello che racchiude applicativi e sistemi software, accessibili da un qualsiasi tipo di dispositivo (computer, smartphone, tablet etc.) attraverso il semplice utilizzo di una interfaccia client. In questo modo, l’utilizzatore non deve preoccuparsi di gestire le risorse e l’infrastruttura, in quanto controllati dal provider che li fornisce” [17].
PaaS è “un modello nel quale vengono situati i servizi di piattaforme online, grazie al quale un utente, di solito uno sviluppatore, può effettuare l’installazione di applicazioni e servizi web che intende fornire. In questo caso, l’utilizzatore può sviluppare ed eseguire le proprie applicazioni attraverso gli strumenti forniti dal provider, il quale garantisce il corretto funzionamento dell’infrastruttura sottostante. (es. Google Cloud App Engine, Amazon dynamoDB, Google cloud data store)” [18].
IaaS è un “modello nel quale vengono messi a disposizione risorse hardware virtualizzate, affinché l’utilizzatore possa creare e gestire, secondo le proprie esigenze, una propria infrastruttura sul cloud, senza preoccuparsi di dove siano allocate le risorse” [19].
SaaS, PaaS e Iaas differiscono quindi per tipologia di servizio erogabile: un servizio offerto da uno IaaS supporta un servizio PaaS, che a sua volta supporta un servizio SaaS.

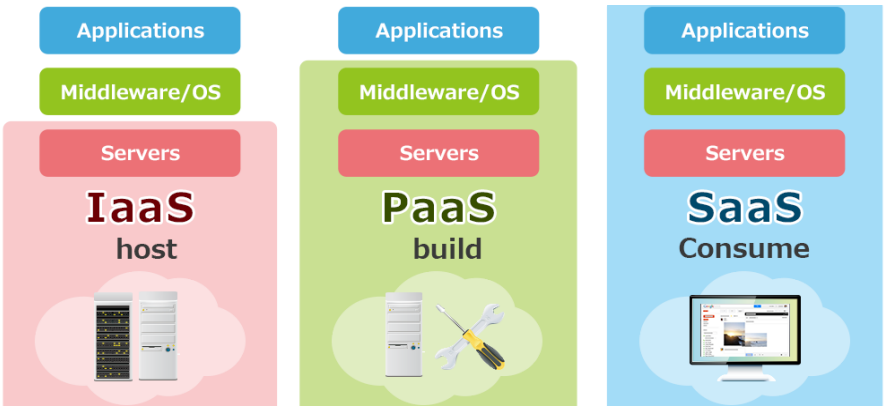

Figura 4: IaaS-PaaS-SaaS (fonte: vitolavecchia.altervista.org)

1.2.4.1 Fog Computing

Quando parliamo di Fog Computing parliamo di forme decentralizzate per l’elaborazione locale dei dati.
Mentre il Cloud Computing consiste essenzialmente in una serie di computer e server connessi tra di loro per formare una rete, il Fog Computing, invece, è una infrastruttura

distribuita in cui determinati processi o servizi applicativi sono gestiti localmente da un dispositivo intelligente, mentre altri continuano ad essere gestiti nel cloud. In sostanza, si tratta di uno strato intermedio tra il Cloud e l'hardware al fine di consentire attività di elaborazione, analisi e archiviazione dati più efficienti, riducendo così la quantità di dati che devono essere inviati nel Cloud [20].

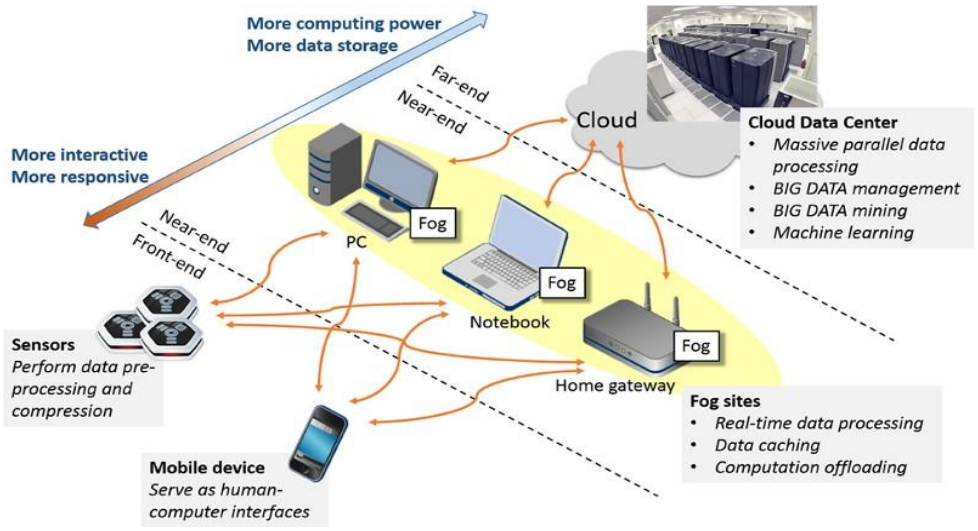

Figura 5: Cloud vs Fog computing (fonte: www.energomonitor.com)

1.2.5 Intelligenza Artificiale

Il termine Intelligenza Artificiale (AI-Artificial Intelligence) è stato introdotto nel 1956 dall'informatico Jhon McCarthy per descrivere la disciplina che tenta di realizzare macchine (sistemi hardware o sistemi software) in grado di riprodurre il comportamento umano e agire in modo razionale attraverso algoritmi informatici che elaborano le informazioni provenienti dall'ambiente esterno. Distinguiamo tra AI debole e AI forte.

L'AI debole si propone di realizzare macchine in grado di svolgere operazioni complesse simulando l'intelligenza umana senza, però, essere in grado di riprodurre i processi cognitivi umani.

L'AI forte mira, invece, a realizzare una macchina in grado di svolgere operazioni complesse riproducendo un processo cognitivo pari o superiore a quello della mente umana, rendendo di conseguenza la macchina un'entità intelligente autonoma e indipendente dall'uomo, che opera sulla base di processi di auto-apprendimento [21].

Un sottoinsieme dell'AI è il *Machine Learning*, un metodo di analisi dei dati che consente di creare sistemi che apprendono in automatico e migliorano le proprie performance sulla base delle informazioni che raccolgono dall'ambiente che li circonda. Tali informazioni posso provenire da alcune tecnologie abilitanti quali Cloud o IoT. Il *Machine Learning* è alimentato da algoritmi. Esistono due tipi principali di algoritmi attualmente utilizzati: gli algoritmi di *Machine Learning* supervisionato e gli algoritmi di *Machine Learning* non supervisionato. Nei primi un data scientist guida e insegna all'algoritmo i risultati da generare, sulla base di un set di dati di input già etichettati. Nei secondi l'algoritmo impara a identificare processi e schemi complessi, sulla base di meccanismi di auto-apprendimento, senza la guida costante di un data scientist [22].

1.2.5.1 Applicazioni industriali

La diffusione e l'integrazione dell'AI nei processi produttivi può offrire vantaggi significativi al comparto industriale. La realizzazione di macchinari autonomi e interconnessi può supportare le aziende di produzione nella realizzazione di impianti ad elevata flessibilità ed efficienza. Si può passare dallo svolgimento di task semplici basati su una o più istruzioni di input alla standardizzazione e automazione di operazioni sempre più complesse, grazie a macchine in grado di prendere decisioni sulla base di meccanismi di auto-apprendimento.

Quando il *Machine Learning* viene applicato in ambito produttivo si parla di *Produzione Cognitiva* (*Cognitive Manufacturing*). Si tratta di sistemi di produzione e di automazione che raccolgono i dati e li rielaborano, producendo informazioni a valore aggiunto che spaziano da report sulle prestazioni delle macchine e valutazioni di qualità fino a manuali di riparazione e previsioni sulle carenze di materie prime e semilavorati nel processo produttivo [23].

1.2.6 Simulazione

La simulazione è considerata uno dei pilastri di *Industry 4.0*. Infatti, non sarebbe possibile sfruttare le tecnologie abilitanti senza l'utilizzo di appropriati software di simulazione. Le nuove tecnologie e l'installazione di sensori all'interno della fabbrica forniscono una grande quantità di dati consentendo alle imprese di utilizzare gli strumenti di simulazione per nuove applicazioni. La simulazione in presenza di dati continui provenienti dalle

macchine può fornire previsioni molto accurate e diventare lo strumento cardine per la progettazione e la pianificazione dei processi produttivi.
In generale, la simulazione è la rappresentazione dinamica di un sistema reale in un determinato periodo di tempo che consente di predire le performance di tale sistema, sotto determinati vincoli e condizioni.
Utilizzando gli strumenti di simulazione il progettista può valutare le performance dei prodotti o dei macchinari sin dalle prime fasi del ciclo di sviluppo, identificando in modo preventivo eventuali discrepanze o anomalie e applicando le opportune modifiche al progetto. In questo modo si ha la possibilità di abbattere in modo considerevole i costi di sviluppo dei prodotti [24].

1.2.6.1 Digital Twin

Nel campo della simulazione e della prototipazione fondamentale è il concetto di *Digital Twin* (Gemello Virtuale). Consiste in una "rappresentazione virtuale e in tempo reale di un dispositivo fisico in grado di riprodurne il comportamento in reazione a stimoli esterni percepiti da sensori applicati sul sistema reale che in ogni istante ne comunicano lo stato fisico" [25].

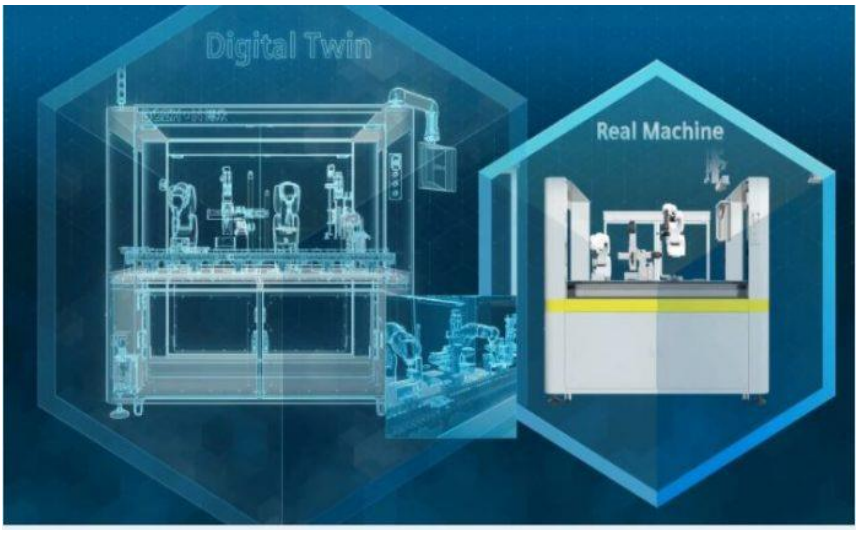

Figura 6: Digital Twin (fonte: industry.itismagazine.it)

Il vantaggio di lavorare con il *Digital Twin* risiede nella possibilità di poter effettuare simulazioni per valutare come il modello reale reagirebbe al variare delle condizioni al contorno, al fine di minimizzare in modo significativo eventuali anomalie. Inoltre, il

modello virtuale consente lo svolgimento di determinate operazioni da remoto, poiché può essere analizzato ovunque, indipendentemente da dove si trova la sua controparte fisica. Possiamo quindi immaginare scenari in cui uno staff tecnico impartisce istruzioni ad operatori che devono intervenire su un macchinario che si trova a chilometri di distanza, semplicemente analizzando il suo gemello virtuale [26].

1.2.7 Realtà Virtuale e Realtà Aumentata

Realtà Virtuale e *Realtà Aumentata* sono probabilmente le tecnologie che meglio rappresentano il concetto di integrazione tra mondo reale e mondo virtuale sul quale si basa *Industry 4.0*. Tuttavia, nonostante condividano le stesse tecnologie, è necessario operare un distinguo tra i due concetti, al fine di evitare fraintendimenti. Le piattaforme di *Realtà Virtuale* permettono all'utente di interagire con un modello digitale indipendente da quello fisico, per consentirgli di apprendere procedure e testare le conoscenze acquisite in uno scenario molto simile a quello operativo. Gli strumenti di *Realtà Aumentata*, invece, sovrappongono i due mondi, fisico e reale, fornendo all'utente una serie di informazioni aggiuntive che nella realtà non sarebbe in grado di reperire agevolmente. Esempi di *Realtà Aumentata* sono rappresentati da dispositivi mobili o indossabili quali tablet, smart glass o display che supportano gli operatori nelle attività quotidiane aumentando la produttività, riducendo tempi ed errori di esecuzione dei vari task, grazie anche alla possibilità di condividere le informazioni visualizzate sui dispositivi con altri utenti e ricevere un supporto a distanza [27].

1.2.8 Robotica Industriale

Fino a dieci anni fa i robot industriali erano perlopiù dispositivi programmati per eseguire una serie di operazioni di produzione, come manipolare utensili, effettuare operazioni particolarmente pericolose o spostare componenti da una macchina all'altra. Si tratta di dispositivi "configurabili on-line (dall'operatore a robot fermo) e off-line (da sistemi automatici mentre il robot lavora) e muniti di servomeccanismi in grado di muoversi nello spazio circostante. La movimentazione, che si basa su complessi algoritmi di cinematica ed è definita dal numero di gradi di libertà della struttura, viene supervisionata da un controllo elettronico centrale, generalmente caratterizzato da una notevole robustezza, al

fine di poter essere impiegato negli ambienti industriali più severi. I motori che movimentano i giunti sono elettrici" [28].

Grazie ai progressi nel campo della robotica e dell'intelligenza artificiale hanno preso piede in ambito industriale i cosiddetti *Robot Collaborativi*, o *Cobot*, che affiancano gli operai sulle linee di produzione, senza barriere e in sicurezza. Quest'ultima è garantita da efficaci sistemi di sicurezza che monitorano costantemente l'ambiente circostante attraverso sensori, telecamere e speciali sistemi di anticollisione.

Mentre i robot tradizionali devono essere programmati ogni volta sia necessario svolgere una nuova operazione, i *Cobot* lavorano sulla base di meccanismi di auto-apprendimento, facendo tesoro dell'esperienza o replicando le manovre mostrate dall'operatore umano.

1.2.9 Additive Manufacturing

L'Additive Manufacturing consente di realizzare, a partire dal modello virtuale ottenuto con sistemi CAD/CAM/CAE, oggetti tridimensionali a elevata personalizzazione mediante l'aggiunta progressiva di strati di materiale.

Tale tecnologia rappresenta una rivoluzione nel settore industriale, poiché consente di abbattere i costi di produzione, grazie a un consumo di materiale minore rispetto ai processi di produzione tradizionali, e ridurre in modo significativo il time-to market di un prodotto, grazie alla possibilità di realizzare prototipi in tempo reale, individuando tempestivamente eventuali errori di progettazione che altrimenti emergerebbero solo in fase di produzione.

Nonostante la forza innovativa della stampa 3D, tale tecnologia non ha ancora raggiunto la maturità e risulta applicata solo in fase di progettazione e prototipazione, o nella produzione di piccoli lotti altamente customizzati rivolti a mercati di nicchia. Infatti, per produzioni di massa ad elevata standardizzazione la manifattura tradizionale, caratterizzata dall'utilizzo di macchinari di gran lunga più veloci rispetto alle stampanti 3D, rimane predominante. Tuttavia, i due modelli di produzione si possono integrare in modelli di business caratterizzati dall'implementazione di strategie di costo a monte della catena del valore, con la produzione di componenti standardizzate mediante manifattura tradizionale, e l'implementazione di strategie di differenziazione a valle, avvalendosi di stampanti 3D per produzioni personalizzate di prodotti finali [29].

1.2.10 Cyber Physical Systems (CPS)

I *Sistemi Cyber-fisici*, o *Cyber-Physical Systems* (CPS), rappresentano una delle innovazioni tecnologiche chiave di *Industry 4.0*. Un *Sistema Cyber-fisico* è "un insieme di differenti tecnologie abilitanti, le quali generano un sistema autonomo intercomunicante e intelligente, in cui gli oggetti sono affiancati dalla propria rappresentazione nel mondo digitale e collegati in rete tra loro, facilitando così l'integrazione tra soggetti diversi e fisicamente distanti" [30].

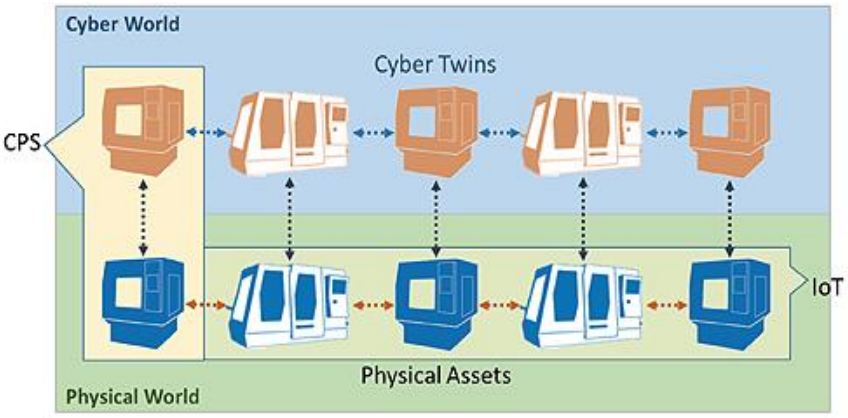

Figura 7: schema CPS (fonte: www.designworldonline.com)

Il termine *fisico* si riferisce all'oggetto reale, che può essere un macchinario o un componente appartenente al processo produttivo, mentre il termine *Cyber* fa riferimento al *Digital Twin* dell'oggetto stesso, ossia la sua immagine virtuale che lo interconnette con altri componenti del processo produttivo e ne consente l'interazione. "Disponendo di una intelligenza decentrata, i *Sistemi Cyber-fisici* sono in grado di valutare situazioni e prendere decisioni autonomamente nonché di provvedere che gli altri *Sistemi Cyber-fisici* svolgano azioni e si adattino ai cambiamenti" [31].

1.2.11 Integrazione verticale e orizzontale

Obiettivo di Industry 4.0 è quello di promuovere l'integrazione dei processi sia all'interno della fabbrica sia lungo tutta la catena del valore, al fine di realizzare un unico sistema interconnesso.

L’integrazione orizzontale consiste nel collegare in rete, medianti *Sistemi Cyber-fisici*, tutte le funzioni aziendali, in modo tale che sia garantito l’accesso agli stessi dati di produzione. In questa nuova concezione della produzione, le nuove tecnologie dinamiche e innovative permettono di far convergere la produzione fisica e quella digitale, realizzando in concreto una produzione più intelligente.

L'integrazione verticale è, invece, resa possibile grazie all’acquisizione dei dati provenienti dai sensori installati a bordo macchina, alla loro elaborazione mediante tecniche di Data Analytics e piattaforme Cloud e alla successiva condivisione con i diversi attori della filiera produttiva. Così facendo è possibile aumentare in modo significativo il coordinamento all’interno della supply chain e realizzare soluzioni ottime globali e non più locali [32].

1.2.12 Cybersecurity

La fabbrica 4.0 è sempre più connessa con l’esterno e, di conseguenza, più vulnerabile di prima rispetto al tema della sicurezza dei dati. Tutti i passaggi tra i nodi della rete sono punti deboli da proteggere da attacchi esterni, in particolar modo se i dati scambiati sono dati sensibili. Spesso le aziende hanno scarsa consapevolezza dei rischi legati alla presenza in azienda di macchinari, componenti o prodotti connessi alla rete. Tale situazione porta alla necessità di comprendere come eseguire la trasmissione dei dati in sicurezza in ogni passaggio e identificare la soluzione di sicurezza più idonea.

La *Cybersecurity* comprende l’insieme delle tecnologie utili a proteggere sistemi informatici ed elettronici da attacchi che possono compromettere o portare alla perdita di dati e informazioni.

Il tema della sicurezza delle informazioni è un punto critico per il successo di *Industry 4.0*, data la centralità che il dato ricopre all’interno della *Rivoluzione 4.0*. Non è più sufficiente criptare i dati ma è necessario individuare politiche di sicurezza e di privacy affidabili e occuparsi della *Cybersecurity* in modo strutturato. Fondamentale a tal fine è lo sviluppo del paradigma *security by design*, ovvero “che il progetto di un qualsiasi sistema sia impostato in funzione della sicurezza, requisito che deve essere presente in ogni fase del ciclo di vita del sistema. Un approccio di questo tipo comporta il fatto di progettare sistemi predittivi che riescano ad anticipare le minacce e ad attuare piani di intervento efficaci e tempestivi” [33].

Il *Laboratorio Nazionale di Cybersecurity* e il *CIS-Sapienza* hanno realizzato nel 2015 un Framework Nazionale per la *Cybersecurity* che tratta tutte le attività che devono essere svolte per avere una corretta gestione della *Cybersecurity*, dividendole in 5 categorie di azioni:

1. Identify: azioni da svolgere per identificare i rischi presenti;
2. Protect: azioni da svolgere per proteggersi dagli eventuali attacchi informatici;
3. Detect: misure da adottare per individuare un attacco in corso;
4. Respond: procedure da eseguire in risposta ad un attacco;
5. Recover: azioni da svolgere per ripristinare il sistema dopo un attacco.

Garantire un adeguato livello di sicurezza è dunque condizione necessaria affinché il paradigma *Industry 4.0* possa essere implementato in modo efficace e sicuro. [34].

1.3 Benefici legati all'implementazione di Industry 4.0

Alla luce di quanto emerso nei paragrafi precedenti, è possibile delineare in modo chiaro i benefici che le imprese possono ottenere dall'implementazione del paradigma *Industry 4.0*: si opera un cambio di prospettiva sostanziale, che determina il passaggio da un approccio alla produzione di tipo reattivo ad un approccio di tipo proattivo, che garantisce elevata flessibilità, produttività ed efficienza. Le tecnologie di acquisizione ed analisi dati che sono alla base della Quarta Rivoluzione Industriale, come Cloud Computing e Big Data, possono cambiare in modo radicale il funzionamento delle fabbriche. I macchinari di nuova generazione sono in grado di monitorare in modo continuo il processo produttivo, suggerire fermi macchina ottimali e garantire prestazioni elevate. Grazie allo sfruttamento dei dati raccolti e all'implementazione del Machine Learning e dell'Intelligenza Artificiale, i sistemi di produzione possono adattarsi automaticamente alle condizioni in cui operano mediante meccanismi di auto-apprendimento; ogni componente agisce in funzione delle condizioni degli altri elementi evitando di entrare in conflitto. Ciò permette di avere una flessibilità completa e consente alle imprese di implementare strategie più aderenti ai trend di mercato attuali, come ad esempio la *mass customization*, ossia la possibilità di soddisfare le esigenze del singolo cliente anche nella produzione di massa, preservandone l'efficienza e le economie di scala, e arrivando a produrre un lotto di un singolo componente senza alcun costo di setup per la variazione

della produzione. Ciò significa sostanzialmente "produrre prodotti customizzati al costo di prodotti di massa" [35].

L'avvento dell'IoT permette inoltre di rilevare in modo tempestivo eventuali malfunzionamenti del sistema, grazie ai sensori installati a bordo macchina, che inviano avvisi nel momento in cui qualche componente necessita di attenzione. Si favoriscono in questo modo politiche di manutenzione predittiva dei macchinari, in grado di azzerare i fermi macchina per guasti e di evitare piani di manutenzione programmati. Inoltre, durante gli interventi manutentivi, la Realtà Aumentata è estremamente efficace nel ridurre i tempi di esecuzione, nel minimizzare l'errore umano e nell'inviare statistiche rilevanti ai responsabili di manutenzione.

Con l'avvento di *Industry 4.0* produttori e fornitori possono ottimizzare le procedure di controllo qualità. La simulazione off line dei robot consente di controllare in modo esatto l'evoluzione del pezzo lavorato dalle macchine, potendo minimizzare completamente la comparsa di anomalie in fase di realizzazione e assicurando così un risultato quanto più vicino alla perfezione. I produttori che si avvalgono dell'utilizzo del Cloud Computing per la raccolta in tempo reale dei dati di produzione e per la loro analisi, possono individuare problemi di qualità prima del fornitore stesso, con significativi vantaggi in termini di tempo e costi per eventuali rilavorazioni o pagamento di penali. Si parla pertanto di *Qualità 4.0*. Inoltre, nella maggior parte delle PMI, il controllo di qualità viene eseguito a campione, sviluppando un controllo ad hoc oppure utilizzando macchine appositamente progettate per la variante di prodotto su cui si vuole effettuare il controllo. Queste soluzioni sono tipicamente rigide e quindi incapaci di adattarsi a produzioni diverse. L'Intelligenza Artificiale può essere un valido strumento per elevare il controllo qualità e farlo diventare più flessibile e completo. Un sistema di visione artificiale può essere impostato per rilevare determinati parametri in base al lotto che le macchine stanno producendo, e permette di trasformare il controllo da campionario a totale. Ciò può rappresentare un valore aggiunto per l'azienda, che potrà certificare il controllo qualità sul 100% dei prodotti. La possibilità di certificare la misura effettuata su ogni prodotto è un modo per mostrare al cliente l'attenzione che l'azienda ha per ogni suo prodotto, il quale, nonostante possa essere diverso da quello lavorato un istante prima, è stato controllato ed è rispondente alle specifiche.

La possibilità di interconnettere e integrare tutti gli attori appartenenti ad una catena del valore ha aperto la strada all'introduzione di soluzioni tecnologiche innovative che migliorano il coordinamento tra partner e danno alle imprese la possibilità di avere accesso a informazioni precise e puntuali provenienti dal mercato in tempo reale. Tra queste, la *Blockchain* rappresenta sicuramente una delle tecnologie più interessanti, in quanto si tratta di sistemi che consentono la certificazione delle informazioni e delle transazioni effettuate tra i nodi partecipanti alla rete, come fossero dei registri pubblici distribuiti. Il vantaggio principale delle Blockchain sta nel fatto che permettono di certificare una qualunque forma di transazione che avviene tra entità (persone o aziende), senza il bisogno che un soggetto esterno ne sancisca la validità, la quale è garantita dall'algoritmo sottostante. Una Blockchain, nella sua forma più semplice, è composta da una serie di attori collegati in rete, e tutti, allo stesso livello, si scambiano informazioni digitali e le certificano mediante la risoluzione di un algoritmo. La risoluzione dell'algoritmo viene pagata dagli elementi della rete, che fanno a gara a risolvere gli algoritmi per certificare le transazioni. Alla transazione può essere associato ogni tipo di dato. Ciò può avere dei risvolti molto interessanti nel passaggio da logistica esterna a magazzino, permettendo di certificare qualunque tipo di transazione avvenga tra l'azienda fornitrice e l'azienda cliente, e semplificando molte operazioni non a valore aggiunto che solitamente richiedono molto tempo per la registrazione (pagamento della fattura, inserimento dei codici a magazzino, schedulazione dei cicli di lavoro in base alle materie prime o semilavorati appena arrivati). Con la Blockchain, inoltre, è possibile stipulare dei contratti, chiamati *Smart Contract*, nei quali si stabiliscono le condizioni verificate le quali il contratto si attiva. In questo modo la transazione economica tra due soggetti avviene se la merce rispetta determinati requisiti. Ad esempio, nel caso in cui la merce, monitorata eventualmente da sensori IoT, subisca un deterioramento causato da uno sbalzo di temperatura durante il trasporto, all'arrivo in magazzino il sistema dovrà verificare che i vincoli sulla temperatura siano stati rispettati affinché il contratto si attivi e avvenga effettivamente la transazione.

Con *Industry 4.0* il processo produttivo diventa anche sostenibile. La nuova industria manifatturiera, caratterizzata dalla produzione in piccoli lotti, con bassi o zero scarti, consente di minimizzare l'uso di energia, acqua e materie prime, ridurre le emissioni inquinanti, organizzare al meglio il fine vita del prodotto. Nel nuovo paradigma il

prodotto è inoltre in grado di verificare la propria condizione e richiedere una riparazione o sostituzione, fornendo le dovute indicazioni per essere riciclato al meglio [36].

1.3.1 Dal prodotto tradizionale allo “smart product”

Industry 4.0 ha rivoluzionato il modo stesso di concepire il prodotto finale. Mentre un tempo erano composti esclusivamente da parti meccaniche ed elettriche, oggi i prodotti sono diventati sistemi complessi che combinano hardware, sensori, microprocessori, software e connettività. Questi “prodotti intelligenti” (o “smart product”) hanno dato inizio, secondo Michael Porter e James Heppelmann, due dei maggiori esponenti della teoria della strategia manageriale, ad una nuova era di competizione tra imprese, sconvolgendo le catene del valore e costringendo le aziende a ripensare e riorganizzare i propri modelli di business. Questi nuovi tipi di prodotti hanno alterato la struttura del settore e la natura della concorrenza, esponendo le aziende a nuove opportunità e minacce competitive. Intelligenza e connettività consentono una serie completamente nuova di funzionalità del prodotto, che possono essere raggruppate in quattro aree: monitoraggio, controllo, ottimizzazione e autonomia. Prodotti intelligenti e connessi consentono il monitoraggio completo delle condizioni, del funzionamento e dell'ambiente esterno di un prodotto, tramite sensori incorporati al suo interno. Il monitoraggio consente alle aziende e ai clienti di tenere traccia delle caratteristiche operative di un prodotto e di comprendere meglio come esso venga effettivamente utilizzato. Questi dati hanno importanti implicazioni per la progettazione, la segmentazione del mercato e il servizio post-vendita. Gli *Smart Products* possono essere controllati tramite comandi remoti o algoritmi incorporati nel dispositivo o che risiedono nel Cloud del prodotto. Il flusso di dati di monitoraggio, insieme alla capacità di controllare il funzionamento del prodotto, consente alle aziende di ottimizzare le prestazioni del prodotto e migliorare notevolmente la produzione, l'utilizzo e l'efficienza. Le funzionalità di monitoraggio, controllo e ottimizzazione si combinano per consentire ai prodotti intelligenti di raggiungere un livello di autonomia e indipendenza dal supporto umano precedentemente irraggiungibile. Come afferma Porter, per ottenere un vantaggio competitivo, un'azienda deve essere in grado di differenziarsi ottenendo un *price premium*, operare a un costo inferiore rispetto ai suoi concorrenti, o entrambi. Ciò consente una redditività e una crescita superiori rispetto alla media del settore. La base per il vantaggio competitivo è l'efficienza

operativa, che richiede l'adozione delle best practices lungo la catena del valore, quali tecnologie di prodotto, attrezzature di produzione moderne, soluzioni IT e approcci di gestione all'avanguardia. Se un'azienda non è efficiente rimarrà indietro rispetto alla concorrenza in termini di costi e qualità. Tuttavia, l'efficienza è raramente una fonte di vantaggio sostenibile, poiché può essere facilmente imitata dai concorrenti. Pertanto, per raggiungere un posizionamento strategico distintivo, un'azienda deve scegliere come offrire un valore unico ai propri clienti. Su questo fronte vengono in aiuto i Prodotti Intelligenti, che consentono alle aziende di stabilire nuovi tipi di relazioni con i clienti, sviluppare nuove pratiche di marketing e nuove competenze. Man mano che le aziende accumulano e analizzano i dati sull'utilizzo dei prodotti acquisiscono nuove informazioni su come essi creano valore per i clienti, permettendo un migliore posizionamento delle offerte e una comunicazione più efficace del valore del prodotto. Utilizzando strumenti di analisi dei dati, le aziende possono segmentare i loro mercati in modi più sofisticati, personalizzare pacchetti di prodotti e servizi che forniscono un valore maggiore a ciascun segmento. I Prodotti Intelligenti consentono alle aziende di mantenere relazioni dirette e profonde con i clienti, il che può ridurre la necessità di partner del canale di distribuzione. Le aziende possono anche diagnosticare problemi di prestazioni e guasti dei prodotti e, talvolta, eseguire riparazioni in remoto, riducendo la dipendenza dai partner di assistenza. Di conseguenza, riducendo al minimo il ruolo degli intermediari, le aziende possono potenzialmente catturare maggiore valore lungo la value chain. E' anche possibile migliorare la conoscenza delle esigenze dei clienti, rafforzare la consapevolezza del marchio e aumentarne la fedeltà, istruendo i clienti in modo più diretto sul valore del prodotto [37].

1.4 Criticità legate all'implementazione di Industry 4.0

Il paradigma *Industry 4.0* offre sì le condizioni per aumentare la produttività e la competitività delle imprese, ma apre anche la strada a nuove criticità e sfide da affrontare. Sistemi così complessi rischiano infatti di rivelarsi estremamente onerosi da implementare e gestire, soprattutto se le imprese non dispongono al loro interno delle competenze necessarie ad approcciarsi correttamente alla *Rivoluzione 4.0*. Uno degli ostacoli maggiori allo sviluppo di *Industry 4.0* è, appunto, la scarsa preparazione dei dipendenti in materia di digitalizzazione, che genera di conseguenza una avversione verso

l'innovazione. Nonostante possa sembrare che la componente umana non abbia un ruolo rilevante nel passaggio al Paradigma 4.0, ciò non corrisponde affatto al vero. Se i processi produttivi subiscono una sostanziale trasformazione anche la forza lavoro è chiamata ad aggiornarsi e acquisire nuove competenze, per contribuire proattivamente al successo della nuova strategia aziendale. Aderire ai principi di *Industry 4.0* significa acquisire elevate competenze in materia di analisi ed elaborazione dei dati, per poter estrarre il massimo valore dalle informazioni provenienti dai sistemi connessi e dall'IoT, significa comprendere a pieno le funzionalità e le potenzialità di ciascuna tecnologia abilitante, in modo tale da capire quali introdurre e come integrarle con le tecnologie già presenti in azienda, significa saper commercializzare prodotti ad alto contenuto innovativo ad aziende e consumatori, per poter individuare nuovi segmenti di mercato. Il capitale umano continuerà pertanto ad avere un ruolo centrale, ma si dovrà necessariamente cambiare la cultura organizzativa e ridefinire il modo di lavorare, affinché ogni funzione aziendale abbia consapevolezza delle azioni che si dovranno mettere in atto per garantire il successo delle soluzioni previste da *Industry 4.0.*

Un'altra criticità riguarda l'integrazione, uno dei concetti centrali del paradigma *Industry 4.0*. Essere un'azienda 4.0 significa riuscire ad integrare le attività interne all'azienda con quelle appartenenti alla catena del valore della quale l'azienda fa parte. Su questo fronte, è fondamentale sviluppare protocolli e architetture di comunicazione standard che favoriscano l'interoperabilità dei sistemi aziendali e la loro integrazione nella catena del valore. Inoltre, nel caso in cui si decida di introdurre una nuova tecnologia all'interno di un sistema già esistente e avviato, bisognerà garantire l'efficacia e l'efficienza della comunicazione tra infrastrutture diverse. Tale operazione rappresenta spesso la principale causa di problemi e di costi nascosti quando si decide di trasformare un'impresa in ottica 4.0, ed è buona norma considerare questo possibile ostacolo in fase di valutazione dell'investimento. Gli standard sono pertanto essenziali per garantire lo scambio di dati tra macchine, sistemi e software all'interno di una catena del valore in rete, nonché per consentire l'integrazione dei robot in un processo produttivo attraverso semplici tecniche "plug-and-play".

Un ulteriore elemento di criticità riguarda il livello di servizio offerto dall'infrastruttura di rete. Spesso, una volta terminata la progettazione e l'implementazione dell'infrastruttura IT, si scopre che il sistema non rileva correttamente i dati, impiega

troppo tempo a trasmetterli o non ne garantisce l'integrità. Quella che oggi è una criticità, tuttavia, è in procinto di essere superata con lo sviluppo della tecnologia 5G, che nel caso specifico permette una velocità tale da avere un tempo di latenza inferiore ad un millisecondo.

Un'altra criticità riguarda il tema della Cybersecurity. La fabbrica 4.0 è sempre più connessa con l'esterno e, di conseguenza, più vulnerabile di prima rispetto al tema della sicurezza dei dati. Tutti i passaggi tra i nodi della rete sono punti deboli da proteggere da attacchi esterni, in particolar modo se i dati scambiati sono dati sensibili. Spesso le aziende hanno scarsa consapevolezza dei rischi legati alla presenza in azienda di macchinari, componenti o prodotti connessi alla rete. Tale situazione porta alla necessità di comprendere come eseguire la trasmissione dei dati in sicurezza in ogni passaggio e identificare la soluzione di sicurezza più idonea. Il tema della sicurezza delle informazioni è un punto critico per il successo di *Industry 4.0*, data la centralità che il dato ricopre all'interno della *Rivoluzione 4.0*. Non è più sufficiente criptare i dati ma è necessario individuare politiche di sicurezza e di privacy affidabili e occuparsi della *Cybersecurity* in modo strutturato.

Infine, non si possono non menzionare le criticità relative alla stima degli investimenti e dei ritorni economici ogni qualvolta si parla cambiamenti di grande portata, come è appunto il caso delle soluzioni legate a *Industry 4.0*. Gli investimenti necessari a trasformare una impresa in un'azienda 4.0, se non effettuati "cum grano salis", possono rivelarsi particolarmente onerosi. L'acquisto di una tecnologia porta con sé, infatti, una serie di costi nascosti, come i costi di integrazione con altri sistemi informativi, costi di apprendimento del personale ed altri costi dovuti al cambio di approccio, che risultano difficilmente stimabili al momento dell'acquisto. Ancora più ardua risulta la stima dei ritorni attesi, soprattutto per le PMI, che spesso non sono dotate delle risorse e delle competenze adeguate ad effettuare valutazioni di questo tipo. Tale contesto rende elevato il rischio che l'investimento non produca gli effetti sperati. Di fronte a tale rischio, spesso le imprese sono restie ad effettuare investimenti in tecnologie 4.0, venendo così condannate ad una situazione di stallo [38].

1.5 Come approcciarsi al Paradigma Industry 4.0

Quando si parla di *Industry 4.0* non si può dare spazio all'improvvisazione. La trasformazione non avviene dall'oggi al domani, ma deve essere vista come un processo di miglioramento continuo. L'approccio a Industry 4.0 deve essere "strutturato, prevedere un'implementazione delle soluzioni area funzionale per area funzionale, per consentire un efficace monitoraggio dei costi sostenuti e dei benefici ottenuti. Tale approccio dimostra come l'obiettivo non sia quello di digitalizzare l'intera azienda a tutti i costi, ma che gli interventi debbano partire dalle aree che maggiormente possono beneficiare di una tale trasformazione" [39].

Un ruolo centrale in questo percorso di lenta trasformazione è assunto da un lato dai governi, i quali devono supportare, attraverso un adeguato piano di incentivi, gli sforzi che le imprese sono chiamate a sostenere, dall'altro dalle università e dai centri di ricerca specializzati sul tema, che devono aiutare le imprese a identificare in modo chiaro gli interventi che possono portare al raggiungimento dei benefici attesi da *Industry 4.0*, con una particolare attenzione rivolta al contenimento dei costi di investimento.

Esiste un percorso di riferimento consolidato a livello internazionale per l'implementazione efficace delle soluzioni proposte da *Industry 4.0*. Tale approccio prevede quattro step. Il primo step consiste in un audit volto ad analizzare le tecnologie che sono già impiegate dall'azienda e a valutare quali tecnologie abilitanti siano necessarie per iniziare il percorso di trasformazione 4.0. Le imprese si avvalgono in questa fase dell'esperienza di università e centri di ricerca che possono supportarle nella scelta delle soluzioni più idonee. Il secondo step prevede, una volta introdotte le tecnologie individuate, la redazione di piani di miglioramento sulla base degli scostamenti misurati rispetto alla situazione iniziale. Tali piani sono affiancati da analisi economico-finanziarie sugli investimenti richiesti per implementarli. Se l'investimento viene approvato dal top management si può passare al terzo step, ossia l'implementazione del piano di miglioramento. La quarta ed ultima fase prevede la misura e l'analisi delle performance, dopo che sono state introdotte le modifiche previste dal piano di miglioramento. In questo modo l'azienda potrà scegliere dove indirizzare i propri sforzi sulla base di ciò che viene misurato, piuttosto che seguire trend di mercato che spesso si rivelano poco aderenti al contesto aziendale. Il percorso è ciclico perché spesso le imprese, soprattutto le PMI, preferiscono introdurre una tecnologia alla volta e valutarne

l’effettiva efficacia prima di ricorrere alla tecnologia successiva, al fine di non esporsi a rischi elevati [40].

Capitolo 2

Paradigma Industry 4.0 in Italia

2.1 Quadro economico dell'industria manifatturiera italiana

Prima della Pandemia di Covid-19 l'industria manifatturiera italiana non navigava certamente in buone acque. A distanza di dodici anni dall'inizio della crisi finanziaria internazionale il comparto manifatturiero italiano versava ancora in una situazione di evidente difficoltà. Dalla fine del 2014 meccanismi esogeni, legati all'abbassamento del prezzo del petrolio e delle materie prime ed alla riduzione dei tassi di interesse, hanno determinato una crescita significativa dell'attività produttiva dell'industria manifatturiera italiana, la cui ripresa si è protratta fino alla fine del 2017, registrando in quattro anni un tasso di crescita della produzione industriale pari a circa l'11% (fonte: ISTAT) [41]. Tuttavia, le dinamiche di mercato fotografate fino al 2017 hanno subito le conseguenze del rallentamento del biennio 2018-2019. Nel 2019, secondo un'indagine ISTAT, si è registrato un calo del fatturato del comparto manifatturiero italiano pari allo 0,2%, rispetto al +3,2% del 2018. Questo dato è da imputare a dinamiche di mercato poco favorevoli legate al contesto internazionale. Nel 2019, infatti, "un clima di forte incertezza ha causato un rallentamento della produzione e degli scambi mondiali che ha portato a una decelerazione della crescita internazionale dal +3,6% del 2018 al +2,9% del 2019" [42]. Le imprese UE hanno risentito, da un lato, della Brexit e dell'aumento dei dazi statunitensi, dall'altro del calo della crescita dell'economia cinese, causato dalle tensioni di quest'ultima con gli USA e dagli effetti del contenimento del debito privato. Oltre a questi eventi, l'Industria italiana ha risentito ancor di più del calo della domanda tedesca. I sistemi produttivi di Italia e Germania sono infatti strettamente interconnessi, in particolare nel settore *automotive*, essendo le imprese italiane fornitrici di componenti per i grandi produttori tedeschi. Di conseguenza il blocco dell'attività nel comparto *automotive* tedesco ha avuto un impatto negativo significativo sulla settore manifatturiero italiano [43].

Accanto a fattori di carattere internazionale, il rallentamento dell'attività produttiva in Italia è legato anche a un peggioramento del contesto nazionale. Un tratto distintivo dell'economia italiana è infatti la debole domanda interna. Tale fenomeno risulta evidente nel confronto internazionale. L'Italia, tra le principali economie europee, è stata quella caratterizzata da una ripresa economica più lenta. A fronte di una debole domanda interna, l'attività industriale è stata inevitabilmente trainata da una domanda esterna che ha assunto un ruolo sempre più importante. Questa dinamica contrapposta tra domanda esterna e interna ha contribuito ad accentuare in modo significativo il divario tra imprese esportatrici e imprese non esportatrici all'interno dell'industria manifatturiera italiana, consentendo alle prime di registrare performance economiche stabilmente migliori rispetto alle seconde [44].

Al rallentamento globale del biennio 2018-2019, le imprese italiane hanno risposto cercando di difendere le proprie quote nei mercati dove erano più presenti, come ad esempio quello statunitense, terzo mercato di destinazione per i comparti dei macchinari e della farmaceutica e di produzioni tipiche del *Made in Italy*, quali calzature e abbigliamento, o in altri Paesi come la Svizzera e il Regno Unito. In quest'ultimo, in attesa dell'entrata in vigore della Brexit, l'export è stato particolarmente intenso [45]. Tuttavia, nonostante gli sforzi, la dinamica delle esportazioni dei beni ha mostrato poco dinamismo, determinando di conseguenza un indebolimento della posizione competitiva della manifattura italiana. In particolare, la crisi del settore *automotive* tedesco ha frenato la crescita dell'export italiano in questo Paese. A causa dello stretto legame commerciale tra Italia e Germania il ridimensionamento dell'export è stato più incisivo rispetto alla media europea. Il rallentamento della domanda tedesca ha colpito maggiormente il settore di gomma e plastica e i comparti legati alla filiera del metallo. Il calo delle esportazioni nel biennio 2018-2019 si è distribuito in maniera eterogenea all'interno del Paese: nelle regioni del Nord-ovest si è registrata una contrazione dell'export nel 2019 dell'1,2%, mentre nel Mezzogiorno la contrazione è stata più marcata e pari all'1,4% (fonte: ISTAT). Nello stesso anno, nel Nord-est il tasso di crescita delle esportazioni si è dimezzato rispetto al 2018 (+2,3%), mentre nelle regioni del Centro si è registrata una ripresa del 12,7% (fonte: ISTAT). Anche gli investimenti privati hanno subito nel 2019 un rallentamento considerevole. Tale dinamica è legata al peggioramento del clima di fiducia

delle imprese, in particolare di quelle manifatturiere, che ha determinato un atteggiamento più cauto rispetto al passato, di fronte alla crescente incertezza [46].

Alla luce di quanto appena esposto, emerge un quadro generale sulla manifattura italiana piuttosto preoccupante, caratterizzato da un processo di ripresa nel complesso lento. Tuttavia, andando a confrontare i contributi alla variazione del valore aggiunto manifatturiero provenienti dai vari settori che caratterizzano l'industria italiana, si osserva una netta prevalenza di due comparti che hanno esercitato un ruolo trainante nello sviluppo industriale italiano negli ultimi anni. Da un lato troviamo la produzione di macchinari e apparecchiature ad uso industriale, che incorporano al loro interno le tecnologie abilitanti per l'Industria 4.0, dall'altro troviamo la produzione di componenti elettroniche e smart products, che sono abilitanti per la diffusione dell'Internet of Things (IoT) [47]. Entrambi rappresentano settori essenziali per la transizione verso il paradigma Industry 4.0. I settori italiani che hanno giovato maggiormente della spinta alla digitalizzazione dei processi industriali sono stati la meccanica strumentale, primo settore che ha contribuito alla crescita nel biennio 2018-2019, e le attività di installazione e riparazione di macchinari industriali. Tale risultato dimostra come la digitalizzazione in ottica 4.0 abbia rappresentato, e tuttora rappresenti, l'unica ancora di salvezza per poter uscire da una situazione di stagnazione che affligge l'industria manifatturiera italiana da anni. La *Quarta Rivoluzione Industriale* ha determinato un ripensamento radicale nel modo in cui le imprese di ogni settore generano e trattengono valore aggiunto al proprio interno. E questo vale soprattutto per il settore manifatturiero, cuore della trasformazione tecnologica [48].

Dal 2016 la Commissione Europea, insieme ai governi nazionali, ha avviato piani ambiziosi di politica industriale per sostenere la trasformazione digitale delle imprese. "E' con il piano *Digitising European Industry - Reaping the full benefits of a Digital Single Market* che la Commissione ha implementato specifiche misure per rafforzare la competitività delle imprese europee attraverso l'integrazione tra tecnologie digitali e processi produttivi. Tra gli altri obiettivi del piano rientra inoltre lo sviluppo di competenze digitali attraverso un network di centri di competenza che devono garantire il trasferimento tecnologico" [49]. Al fine di raggiungere tali obiettivi l'Unione Europea ha dato vita a Horizon 2020, "il più grande programma mai realizzato in Europa per la ricerca e l'innovazione, con quasi 80 miliardi di euro di finanziamenti messi a

disposizione per un periodo di 7 anni, al fine di stimolare una crescita economica sostenibile e inclusiva" [50].

L'Italia, pur se in ritardo rispetto agli altri principali Paesi europei, ha adottato nel 2016 una strategia di politica industriale di medio e lungo periodo in linea con quelle adottate dagli altri Paesi UE. Su tale fronte, il *Piano Nazionale Industria 4.0*, finanziato con la legge di bilancio 2017 e confermato, con nuovi stanziamenti, in quella del 2018 e del 2019, ha definito per la prima volta in Italia una "politica organica di sostegno pubblico all'adozione di tecnologie 4.0 da parte delle imprese, composta da un insieme di misure tra loro cumulabili che hanno da un lato promosso l'offerta di soluzioni tecnologiche 4.0 da parte delle eccellenze industriali del Paese, e dall'altro stimolato la domanda qualificata di investimenti da parte dell'intero sistema produttivo".[51]

Il cambiamento ha interessato non solo innovazioni sul piano tecnologico, ma anche lo sviluppo di nuove competenze nel campo del digitale. Nei successivi paragrafi verranno descritte nel dettaglio le misure previste dal Piano Industria 4.0 e il loro impatto sul tessuto industriale italiano.

2.2 Il *Piano Nazionale Industria 4.0*

Nel 2016, sulla base delle indicazioni della Commissione Europea sulla necessità di dare uno slancio alla produttività attraverso riforme strutturali nel settore delle innovazioni digitali e in quello della ricerca, al fine di rafforzare la competitività dell'Unione Europea, la Camera dei Deputati ha avviato un'indagine conoscitiva sul paradigma Industry 4.0, con l'obiettivo di individuare una strategia che conducesse l'industria italiana verso la *Quarta Rivoluzione Industriale* [52]. A condurre tale indagine è stata incaricata la X Commissione Attività Produttive, la quale ha elaborato un documento nel quale sono stati individuati cinque pilastri sui quali si sarebbe fondata la strategia italiana:

1. Creazione di una governance attraverso la costituzione di una Cabina di regia governativa;
2. Realizzazione delle infrastrutture abilitanti attraverso il Piano banda ultra-larga, lo sviluppo e la diffusione delle reti di connessione wireless di quinta generazione e delle reti elettriche intelligenti;

3. Formazione scolastica e post-scolastica che punti alla formazione di competenze digitali diffuse in tutti gli ambiti;
4. Rafforzamento dei progetti di ricerca e sviluppo;
5. Open Innovation, basata su standard aperti e interoperabilità [53].

A fronte dell'indagine parlamentare, il MISE ha varato nel Settembre 2016 il *Piano Nazionale Industria 4.0*. Il Piano prevedeva una cabina di regia governativa costituita dalla Presidenza del Consiglio, dai Ministeri dell'Economia, dello Sviluppo Economico, dell'Istruzione, del Lavoro, delle Politiche Agricole e dell'Ambiente. Oltre a esponenti del governo, la Cabina di regia comprendeva i Politecnici di Bari, Milano e Torino e la Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, Centri di ricerca, Cassa Depositi e Prestiti, Confindustria e, infine, le organizzazioni sindacali. I compiti di tale organo erano i seguenti:

- assicurare e potenziare la competitività del sistema manifatturiero italiano attraverso l'accelerazione della trasformazione digitale, con particolare riguardo nei confronti delle piccole e medie imprese;
- Rimuovere eventuali vincoli di tipo normativo che ostacolavano lo sviluppo di nuovi investimenti;
- Favorire progetti di sviluppo di tecnologie innovative, piattaforme e software 4.0;
- Sostenere la Ricerca e Sviluppo e la formazione permanente degli operatori per contribuire allo sviluppo di competenze digitali;
- Avviare piani di comunicazione per rendere le imprese pienamente consapevoli delle potenzialità e dei benefici delle tecnologie abilitanti 4.0.

Il Piano prevedeva interventi su un orizzonte di quattro anni (2017-2020) e delineava alcune direttrici strategiche di intervento, suddivise in direttrici chiave e direttrici di accompagnamento.

Le Direttrici chiave prevedevano misure volte a incentivare gli investimenti privati in tecnologie abilitanti, aumentare la spesa privata in Ricerca, Sviluppo e Innovazione, rafforzare gli interventi finanziari a supporto di Industry 4.0, sviluppare le competenze I4.0 attraverso percorsi universitari e Istituti Tecnici Superiori dedicati, creare Competence Center e Digital Innovation Hub.

Le Direttrici di accompagnamento prevedevano, invece, investimenti volti ad assicurare adeguate infrastrutture di rete, collaborazioni per definire standard e criteri di interoperabilità dei dispositivi IoT, strumenti pubblici di supporto per garantire gli investimenti privati e supportare i grandi investimenti innovativi.
La Legge di Bilancio 2017 ha successivamente introdotto specifiche misure allo scopo di sostenere la transizione 4.0. Gli interventi previsti consistevano, da un lato, in contributi diretti e indiretti alle imprese per investimenti tecnologici, lo sviluppo delle competenze digitali e l'accesso al credito, dall'altro in incentivi di carattere fiscale, sotto forma di sgravi di imposta.
Nei prossimi paragrafi si passeranno in rassegna gli interventi legislativi principali che sono stati convenzionalmente ascritti al *Piano Nazionale Industria 4.0* [54].

2.2.1 Iper e Superammortamento

L' Iper e il Superammortamento sono misure di sostegno che hanno l'obiettivo di incentivare le imprese a investire in beni strumentali nuovi non 4.0 e in beni materiali e immateriali (software e sistemi IT) funzionali alla trasformazione 4.0 dei processi produttivi.
Nello specifico, l'Iperammortamento "consiste nella possibilità di maggiorare del 150%, con esclusivo riferimento alla determinazione delle quote di ammortamento ovvero dei canoni di *leasing*, il costo di acquisizione di beni materiali nuovi, dispositivi e tecnologie abilitanti la trasformazione in chiave 4.0, acquistati o in leasing" [55]. Per beneficiare della misura dell'Iperammortamento è necessario che il bene sul quale si investe sia *interconnesso*, ossia che sia in grado di scambiare informazioni con sistemi interni (sistemi informativi aziendali, macchine etc.) ed esterni (clienti, fornitori, supply chain) attraverso un collegamento Internet, e che abbia un indirizzo IP che lo renda identificabile in modo univoco. Inoltre, per chi beneficia dell'Iperammortamento, "vi è la possibilità di usufruire di una maggiorazione del 40% per gli investimenti in beni strumentali immateriali (software e IT), non necessariamente 4.0" [56]. I beni beneficiari dell'Iperammortamento che prevedono un investimento superiore a 500.000€ per singolo bene richiedono una perizia tecnica da parte di un perito o ingegnere che attesti la possibilità di usufruire della agevolazione.

La misura del Superammortamento permette invece di “supervalutare del 140% gli investimenti in beni strumentali nuovi non 4.0 acquistati o in leasing” [57].
Le due misure sono cumulabili tra di loro e con le altre misure incluse nel Piano e vi si i accede in modo automatico in fase di redazione di bilancio e attraverso una autocertificazione.

2.2.2 Nuova Sabatini

La misura di sostegno cosiddetta *Nuova Sabatini* è finalizzata ad agevolare l'accesso al credito per investimenti produttivi e tecnologici effettuati dalle PMI di tutti i settori. In particolare, la misura prevede “la concessione di finanziamenti agevolati, da parte di banche o intermediari finanziari convenzionati con il MISE, per investimenti in nuovi macchinari, impianti e attrezzature, compresi gli investimenti in beni strumentali Industria 4.0. Tali finanziamenti possono essere supportati per l’80% dell’importo dal Fondo di Garanzia PMI. Il finanziamento deve avere una durata non superiore ai 5 anni e l’importo deve essere compreso tra 20.000 euro e 2 milioni di euro. Il contributo è pari al valore degli interessi calcolati su un finanziamento della durata di cinque anni e di importo uguale all'investimento, che prevede un tasso d'interesse annuo pari al 2,75% per gli investimenti ordinari e al 3,57% per gli investimenti in tecnologie 4.0. I beni strumentali che possono beneficiare del finanziamento agevolato sono macchinari, impianti, attrezzature ad uso produttivo, nonché hardware, software e tecnologie digitali” [58].

2.2.3 Credito d’Imposta R&S

La misura del Credito d’Imposta R&S ha l’obiettivo di stimolare gli investimenti privati in Ricerca e Sviluppo per innovare processi e prodotti. Consiste in un “credito di imposta del 50% su spese incrementali in Ricerca e Sviluppo, fino a un massimo annuale di 20 milioni di euro per beneficiario. Sono agevolabili tutte le spese relative a ricerca fondamentale, ricerca industriale e sviluppo sperimentale” [59]. Il beneficio è cumulabile con i benefici previsti dalle altre misure del Piano Industria 4.0. Si rivolge a tutte le imprese che hanno una stabile organizzazione sul territorio italiano che svolgono attività di Ricerca e Sviluppo in proprio o su commissione da parte di imprese residenti all’estero. Si accede in modo automatico in fase di redazione di bilancio, indicando le spese sostenute nella dichiarazione dei redditi [60].

2.2.4 Patent Box

Il Patent Box è una "misura che prevede una tassazione agevolata sui redditi derivanti dall'utilizzo di beni immateriali: brevetti industriali, marchi registrati, disegni e modelli industriali, know how e software protetto da diritto d'autore. L'agevolazione consiste nella riduzione delle aliquote IRES e IRAP del 50% sui redditi d'impresa connessi all'uso diretto o in licenza d'uso di beni immateriali sia nei confronti di terzi che di società infragruppo" [61]. Il beneficio è cumulabile con tutte le altre misure contenute nel Piano e l'opzione è valida per cinque anni a partire da quello in cui viene comunicata all'Agenzia delle Entrate. L'agevolazione può essere rinnovata per un periodo di pari durata ed è irrevocabile [62].

2.2.5 Fondo di Garanzia PMI

Il Fondo di Garanzia PMI è "una misura che prevede una concessione di una garanzia pubblica alle PMI, fino a un massimo dell'80% del finanziamento, per operazioni sia a breve sia a medio-lungo termine, sia per far fronte a esigenze di liquidità che per realizzare investimenti. Il Fondo garantisce a ciascuna impresa un importo massimo di 2,5 milioni di euro che può essere utilizzato attraverso una o più operazioni, fino al raggiungimento del tetto stabilito, senza un limite al numero di operazioni effettuabili. Il beneficio è cumulabile con le altre misure del Piano" [63].

Grazie al Fondo l'impresa non ottiene un contributo in denaro, ma ha la possibilità di ottenere finanziamenti senza garanzie aggiuntive sugli importi garantiti dal Fondo stesso. Il Fondo, infatti, rilascia ai soggetti finanziatori garanzie dirette irrevocabili. In caso di inadempimento del soggetto che ha ottenuto il finanziamento, la banca o l'intermediario finanziario può rivalersi sul Fondo di Garanzia [64].

2.2.6 Startup e PMI Innovative

Tale misura serve a sostenere Startup e PMI innovative in tutte le fasi del loro ciclo di vita. Nello specifico prevede: "una nuova modalità di costituzione, digitale e gratuita; l'esonero dalla disciplina sulle società di comodo e in perdita sistematica; la possibilità, anche per le S.r.l., di emettere piani di incentivazione in equity, agevolati fiscalmente; incentivi agli investimenti in capitale di rischio: detrazione IRPEF (per investimenti fino

a 1 milione di euro) o deduzione dell'imponibile IRES (fino a 1,8 milioni) pari al 30%; accesso gratuito, semplificato e prioritario al Fondo di Garanzia per le PMI; Equity crowdfunding per la raccolta di nuovi capitali di rischio; possibilità di cedere le perdite a società quotate sponsor (almeno il 20% delle quote)"[65].

In caso di insuccesso, la misura prevede l'esonero dalla disciplina fallimentare ordinaria mentre, in caso di successo, le startup mature possono convertirsi agevolmente in PMI innovative, continuando a godere dei principali benefici. Il beneficio è cumulabile con le altre misure del Piano e vi si accede iscrivendosi, mediante autocertificazione online, alle rispettive sezioni speciali del Registro delle Imprese. Per le startup innovative il regime agevolativo dura 5 anni dalla costituzione [66].

2.2.7 ACE (Aiuto alla Crescita Economica)

L'ACE è una "misura volta a incentivare il rafforzamento patrimoniale delle imprese italiane attraverso il finanziamento con capitale proprio, al fine di ottenere strutture finanziarie più equilibrate fra fonti e impieghi e fra capitale di rischio e debito, e quindi più competitive. Nello specifico, consiste in una deduzione dal reddito complessivo d'impresa di un importo corrispondente al rendimento nozionale del nuovo capitale proprio (conferimenti in denaro e utili accantonati a riserva). Il rendimento nozionale del nuovo capitale proprio è stato fissato al 2,3% nel 2017 e al 2,7% dal 2018 in poi" [67]. Il rendimento nozionale rappresenta "il vantaggio fiscale dell'Ace, nel senso che si comporta come una variazione negativa dell'imponibile, creando così neutralità fiscale fra ricorso al capitale di rischio o al finanziamento tramite debito" [68]. Si accede automaticamente in fase di redazione di bilancio.

2.2.8 IRES e IRI

Si tratta di misure volte a ridurre la pressione fiscale per le imprese che non distribuiscono gli utili per investire in nuovi progetti innovativi. Nello specifico prevedono:

- "taglio dell'IRES dal 27,5% al 24";
- "possibilità per imprenditori individuali e soci di società di persone di optare per un'aliquota unica del 24% (IRI). Il 24% si applica sulla parte di reddito d'impresa che resta in azienda mentre sulle somme prelevate per uso personale si continua a pagare l'IRPEF. L'obiettivo dell'IRI al 24% è favorire la capitalizzazione delle

imprese, tassando in maniera più leggera gli utili non prelevati, equiparandolo alla tassazione delle società di capitali (IRES al 24%)" [69].

L'opzione vale cinque anni ed è rinnovabile. Tale misura, oltre a incentivare le PMI ad aumentare il proprio patrimonio, ha il vantaggio di rendere neutrale la tassazione nella scelta della forma di impresa. Si accede automaticamente in fase di redazione di bilancio [70].

2.2.9 Salario di Produttività

È una "misura che prevede un regime agevolato di tassazione al 10% per i premi salariali legati ad aumenti di produttività. L'agevolazione è prevista per premi di importo massimo pari a 3.000€. Si rivolge a lavoratori del settore privato che percepiscono un reddito di lavoro dipendente non superiore a 80.000€. È agevolato anche il ricorso a servizi di previdenza complementare, assistenza sanitaria, assicurazioni contro la non autosufficienza, servizi educativi e alla partecipazione azionaria da parte dei dipendenti" [71].

2.2.10 Digital Innovation Hub e Competence Center

Il *Piano Nazionale Industria 4.0* ha previsto la creazione di un network che ha l'obiettivo di supportare le imprese nell'approccio al paradigma *Industry 4.0*. Protagonisti di tale rete sono i Competence Center (CC) e i Digital Innovation Hubs (DIH) "punto di riferimento per le imprese che vogliono avvicinarsi a Industria 4.0, conoscerne le opportunità, sperimentare le tecnologie digitali e definire progetti per integrarle nei processi produttivi" [72].

In base a quanto definito nel Piano, al sistema Confindustria e a R.ETE. Imprese Italia è stato affidato il ruolo di costituire i Digital Innovation Hub. Si tratta di "enti, prevalentemente a dimensione regionale o interregionale, che svolgono le seguenti attività a favore delle imprese: sensibilizzazione e formazione sulle opportunità connesse all'applicazione di tecnologie 4.0, attraverso l'organizzazione di seminari, workshop e visite di studio; supporto nelle attività di pianificazione di investimenti innovativi; supporto per l'accesso a strumenti di finanziamento pubblici e privati; orientamento verso Competence Center nazionali ed europei "[73].

Accanto ai DIH il Piano ha previsto anche la costituzione di pochi e selezionati Competence Center, "partenariati pubblico-privati che prevedono il coinvolgimento di poli universitari di eccellenza, centri di ricerca e soggetti privati attivi nell'innovazione tecnologica, il cui compito è quello di offrire alle imprese la possibilità di testare e sperimentare le tecnologie nonché di accelerare i progetti innovativi e di sviluppo tecnologico" [74]. Il servizio fornito alle imprese dai Competence Center si sviluppa su tre assi:

- orientamento, in particolare alle PMI, attraverso la predisposizione di una serie di strumenti volti a supportare le imprese nel valutare il loro livello di maturità digitale e tecnologica;
- formazione, con l'obiettivo di promuovere e diffondere le competenze in ambito Industria 4.0 mediante attività di formazione in aula, sulla linea produttiva, e su applicazioni reali, allo scopo di supportare la comprensione da parte delle imprese dei benefici concreti in termini di riduzione dei costi operativi e aumento della competitività;
- attuazione di progetti di innovazione, ricerca industriale e sviluppo sperimentale, proposti dalle imprese, compresi quelli di natura collaborativa tra aziende, e fornitura di servizi di trasferimento tecnologico in ambito Industria 4.0, anche attraverso azioni di stimolo alla domanda di innovazione da parte delle imprese, in particolare delle PMI [75].

Alla luce di quanto emerso, DIH e CC sono soggetti molto diversi tra loro, ma complementari. Infatti, mentre i DIH sono strutture che offrono alle imprese la possibilità di avvicinarsi alle tecnologie 4.0 e comprenderne le possibilità applicative, i CC rappresentano il luogo dove le imprese possono concretamente conoscere e testare le tecnologie e dove possono trovare supporto tecnico per le loro applicazioni [76].

2.2.11 Piano Banda Ultra-larga

Il piano strategico *Banda Ultra-larga* "ha l'obiettivo di sviluppare una rete in banda ultra-larga sull'intero territorio nazionale per creare un'infrastruttura pubblica di telecomunicazioni e portare, entro il 2020, la banda ultra-larga a 30 Mbps a tutta la popolazione, con l'85% di questa raggiunta dai 100 Mbps" [77]. Il Paese è stato suddiviso in tre aree: bianche, grigie e nere**.** Le aree bianche sono aree cosiddette *a rischio di*

mercato, poiché gli operatori privati non hanno interesse a effettuare investimenti perché poco profittevoli. Per questo motivo, in tali aree gli investimenti sono finanziati in misura di almeno il 70% da fondi europei e statali. Nelle aree grigie e in quelle nere gli investimenti sono invece profittevoli e sono effettuati da imprese private. Il piano mira a ridurre il divario di tipo infrastrutturale e di mercato presente in alcune aree d'Italia, attraverso la proposta alle imprese private di condizioni più favorevoli che le incentivino a sviluppare delle infrastrutture di telecomunicazioni fisse e mobili in modo integrato in tutto il territorio italiano [78].

Il piano Strategico per la Banda Ultralarga "è coordinato dalla Presidenza del Consiglio tramite il Comitato per la diffusione della Banda Ultralarga (COBUL), che ha definito la strategia nazionale e ne monitora la corretta attuazione. Il COBUL è composto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, dal Ministero dello Sviluppo Economico, dal Ministero per la Pubblica Amministrazione, dal Ministero per gli Affari Regionali e Autonomie, dal Ministero per il Sud e la Coesione territoriale, dal Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali, dal Presidente della Conferenza delle regioni e delle Province autonome e da Infratel Italia, società in house del MiSE. Il Comitato si avvale del supporto tecnico di AgID (Agenzia per l'Italia Digitale) e dell'Agenzia per la coesione territoriale" [79].

Il MISE ha affidato alla società Infratel Italia S.p.A. la gestione tecnica del catasto delle infrastrutture del sotto e sopra suolo (SINFI), che include anche i dati funzionali al monitoraggio della strategia stessa [80].

2.3 Dal *Piano Industria 4.0* al *Piano Impresa 4.0*

Dopo l'introduzione delle prime misure di sostegno volte a garantire la transizione del sistema produttivo italiano verso la Quarta Rivoluzione Industriale, il Governo italiano, nel settembre del 2017, ha avviato la seconda fase del Piano, varando il cosiddetto *Piano Nazionale Impresa 4.0*. L'obiettivo, rispetto alla prima fase, era quello di estendere la platea di beneficiari degli incentivi, includendovi non solo il settore manifatturiero, ma anche gli altri settori, compresi i servizi, al fine di supportare la trasformazione digitale di tutte le imprese italiane. Nei prossimi paragrafi verranno descritti gli interventi previsti dal *Piano Impresa 4.0*, andando ad operare un distinguo tra le misure appartenenti al

Piano precedente, che sono state prorogate o modificate, e le nuove misure introdotte [81].

2.3.1 Misure "Ex-Piano Industria 4.0" prorogate e modificate

I principali interventi riconducibili al *Piano Impresa 4.0* hanno riguardato innanzitutto la proroga della misura del Super-ammortamento al 2018 (Legge di Bilancio 2017), questa volta con la possibilità di ottenere una maggiorazione del 30% sul costo di acquisto di beni strumentali, con riferimento alla determinazione delle quote di ammortamento e dei canoni di leasing, invece del 40 % previsto dal precedente *Piano Industria 4.0*. Il Decreto-legge n.34 del 2019 ha prorogato il Superammortamento alle medesime condizioni previste nel 2018, introducendo, però, un tetto di 2,5 milioni di euro agli investimenti in beni strumentali nuovi agevolabili. Tale modifica mirava a privilegiare le piccole e medie imprese [82].

Per quanto riguarda, invece, la misura dell'Iperammortamento, il *Piano Impresa 4.*0, con la Legge di Bilancio 2018, ha prorogato tale strumento per l'anno 2018 e incluso nuovi beni nell'elenco di quelli per cui era previsto l'Iperammortamento. La Legge di Bilancio 2019 ha successivamente prorogato la misura dell'Iperammortamento, prevedendo, però, una maggiorazione differente a seconda dell'ammontare dell'investimento effettuato. Nello specifico, "la maggiorazione del costo di acquisto è stata fissata al 170% per investimenti fino a 2,5 milioni di euro, al 100% per investimenti compresi tra 2,5 e 10 milioni di euro e al 50% per investimenti compresi tra 10 e 20 milioni di euro. Al di sopra dei 20 milioni di euro non è prevista alcuna maggiorazione" [83].

Nel *Piano Impresa 4.0* sono state introdotte modifiche anche alla misura cosiddetta *Nuova Sabatini*. Le Leggi di Bilancio 2018 e 2019 hanno prorogato la misura stanziando nuovi fondi a supporto della stessa. L'importo massimo del finanziamento agevolato è stato innalzato da 2 a 4 milioni di euro. Inoltre, il processo di erogazione del contributo statale è stato snellito, prevedendo l'erogazione in un'unica soluzione per finanziamenti di importo non superiore a 100.000€ [84].

Per quanto riguarda invece la misura del Credito d'imposta R&S, nel *Piano Impresa 4.0* sono state introdotte alcune modifiche. Nello specifico, sono state previste due aliquote differenti in base alla tipologia di spesa in R&S effettuata: "un credito d'imposta pari al 25% su spese incrementali in R&S, fino a un massimo annuale di 10 milioni di €, e un

credito d'imposta pari al 50% esclusivamente per le seguenti voci di spesa: spese del personale direttamente impiegato in attività di ricerca e, nel caso di attività di R&S commissionate a terzi, solo per i contratti stipulati con Università, enti e organismi di ricerca, startup e PMI innovative indipendenti"[85]. Inoltre, tra le spese ammissibili, sono state incluse quelle relative ai materiali necessari per lo svolgimento delle attività di laboratorio o per la realizzazione dei prototipi o degli impianti pilota di ricerca e sviluppo sperimentale [86].

Il Fondo di garanzia PMI è stato confermato e rifinanziato anche nel *Piano Impresa 4.0*, sia per il 2018 sia per il 2019. Il D.L. n. 34/2019 ha istituito una Sezione Speciale, il cui compito era quello di garantire la copertura di singoli finanziamenti e portafogli di finanziamenti erogati alle imprese con meno di 499 dipendenti e finalizzati per almeno il 60% a investimenti in beni materiali (importo massimo garantito pari a 5 milioni di euro). Inoltre, il tetto massimo garantito per singola impresa, che nel *Piano Industria 4.0* era pari a 2,5 milioni di euro, è stato innalzato a 3,5 milioni di euro [87].

Discorso a parte meritano i Competence Center, per i quali si è dovuto aspettare quasi due anni per costituirli. Finanziati con le risorse della manovra di bilancio del 2017, nel 2018 è stato lanciato un bando per la selezione dei centri di competenza nazionali. Sono stati selezionati otto centri, che sono:

1. CIM 4.0, che fa capo al Politecnico di Torino;
2. MADE, il cui ente capofila è il Politecnico di Milano;
3. BI-REX, collegato all'Università di Bologna;
4. ARTES 4.0, che fa capo alla Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa;
5. SMACT, legato all'Università degli studi di Padova;
6. MedITech, che vede come capogruppo l'Università degli studi di Napoli Federico II;
7. START 4.0, il cui ente capofila è il CNR;
8. CYBER 4.0, che fa capo all'Università degli Studi di Roma La Sapienza [88].

Relativamente al Politecnico di Torino, il centro di competenza Competence Industry Manufacturing 4.0 (CIM4.0) si fonda sul concetto di *linee pilota*, o linee dimostrative di manifattura, per l'implementazione di progetti 4.0. Può contare sul supporto di 23 partner industriali e due grandi centri di ricerca per le competenze tecnico-scientifiche (Politecnico e Università di Torino). Accanto alle *Linee Pilota* sono pubblicati bandi di finanziamento e erogate attività di formazione. Le tecnologie abilitanti sulle quali le linee pilota del CIM4.0 si basano sono raggruppabili in quattro categorie: Additive manufacturing (AM) e laser-based manufacturing; Smart grid, smart meters ed efficientamento energetico; Industrial IoT, piattaforme HW-SW, sensoristica, cloud e connectivity; Intelligenza artificiale, data analytics e cyber-security. Gli ambiti produttivi su cui si focalizzano le attività del Competence Center sono: Manifattura avanzata intelligente; Automotive; Aerospazio [89].

Ai centri di competenza individuati sono stati concessi sostegni nella forma di contributi diretti pari al 50% delle spese sostenute per l'avviamento (tetto massimo di 7,5 milioni di euro) e per progetti innovativi e di R&S nel campo industriale (tetto massimo di 200.000€ per progetto). Le risorse stanziate sono state pari a circa 73 milioni di euro [90].

2.3.2 Nuove misure introdotte dal *Piano Impresa 4.0*

Oltre a riconfermare e rimodulare alcune delle misure previste dal precedente Piano, il *Piano Impresa 4.0* ha introdotto nuove misure di sostegno a favore della transizione verso il Paradigma Industry 4.0. Nello specifico è stato introdotto un *Credito d'Imposta Formazione 4.0* per le spese relative ai costi del personale impegnato in corsi di formazione, concentrati su almeno una delle seguenti tecnologie abilitanti: big data e analisi dei dati, cloud e fog computing, cyber security, sistemi cyber-fisici, prototipazione rapida, sistemi di visualizzazione e realtà aumentata, robotica avanzata e collaborativa, interfaccia uomo macchina, manifattura additiva, internet delle cose e delle macchine e integrazione digitale dei processi aziendali. Il tetto massimo previsto dall'agevolazione è stato fissato a 300.000€ per impresa. La misura è stata prorogata al 2019, includendo nell'elenco delle spese ammissibili i corsi di formazione online, e sono state introdotte delle modifiche. Nello specifico, il tetto massimo annuale è stato relazionato alla dimensione aziendale: 300.000€ per le PMI e 200.000€ per le imprese strutturate. Inoltre, l'aliquota è stata fissata al 50% per le piccole imprese, al 40% per le medie imprese e al

30% per le grandi imprese. Nel 2019 è stato inoltre introdotto un contributo a fondo perduto, nella forma di voucher, per consentire alle imprese di avvalersi della consulenza di esperti nel campo delle tecnologie 4.0. Il contributo variava a seconda della dimensione delle imprese beneficiarie: 50% dei costi sostenuti per le piccole imprese (tetto massimo pari a 40.000€), 30% dei costi sostenuti per le medie imprese (tetto massimo pari a 25.000€) e al 50% dei costi sostenuti per le reti di imprese (tetto massimo di 80.000€). Le risorse stanziate a supporto della misura sono state pari a 25 milioni di euro [91].

2.4 Impatto delle politiche 4.0 sul tessuto industriale italiano (2017-2019)

2.4.1 Evidenze 2017

A luglio del 2018 il MISE ha pubblicato i risultati dell'indagine dal titolo "*Diffusione delle imprese 4.0 e le politiche: evidenze 2017*", condotta su un campione di circa 23.700 imprese. Il report individua nel campione analizzato tre tipologie di imprese: le cosiddette *imprese 4.0*, ossia imprese che utilizzano almeno una tecnologia abilitante 4.0, le imprese che hanno in programma investimenti in tecnologie 4.0 nel successivo triennio e, infine, le cosiddette *imprese tradizionali*, ossia imprese che non utilizzano tecnologie 4.0 né hanno in programma investimenti futuri. Dall'indagine è emerso che, al 2017, alla categoria delle imprese 4.0 apparteneva l'8,4% del campione, alla categoria delle imprese con investimenti futuri programmati apparteneva il 4,7% del campione mentre le imprese tradizionali rappresentavano la grande maggioranza della popolazione industriale, pari all'86,9% del campione. Pertanto, a inizio 2018, la strada da percorrere per arrivare ad una piena consapevolezza da parte delle imprese del paradigma 4.0 era tutta in salita. Dal rapporto è emerso, inoltre, che gli investimenti in Industria 4.0 aumentavano significativamente al crescere delle dimensioni aziendali: tra le piccole imprese con più di 10 addetti, il 18,4% aveva effettuato investimenti in tecnologie 4.0, tra le aziende tra i 50 e i 249 addetti si raggiungeva il 35,5% del totale, mentre si arrivava addirittura al 47,1% nelle imprese con almeno 250 addetti [92].

Nella maggioranza dei casi gli investimenti riguardavano un numero piuttosto limitato di tecnologie. Le imprese che si avvalevano di una o al massimo due tecnologie erano infatti pari al 62,4% del campione (tra queste il 37,3% utilizzava una tecnologia e il 25,1% due tecnologie). Solo nelle grandi imprese gli investimenti erano finalizzati a realizzare un

sistema integrato di differenti tecnologie. Infatti, oltre il 60% delle imprese di maggiori dimensioni utilizzava almeno quattro tipologie di tecnologie 4.0. Poco meno della metà delle imprese 4.0 utilizzava solo tecnologie di gestione dei dati acquisiti lungo la catena produttiva, modello diffuso soprattutto nelle micro e piccole imprese. Il 36%, invece, utilizzava sia tecnologie che riguardavano il processo produttivo in senso stretto sia la gestione dei dati, con percentuali pari al 50% nel caso delle medie imprese e al 69,2% nelle grandi. Tra le imprese di media e grande dimensione, gli investimenti più diffusi riguardavano la cybersecurity e l'integrazione delle informazioni. Solo nelle imprese più strutturate vi era l'impiego di cobot, stampanti 3D e simulazioni virtuali, con percentuali che superavano il 20% tra le imprese con oltre 250 addetti [93].

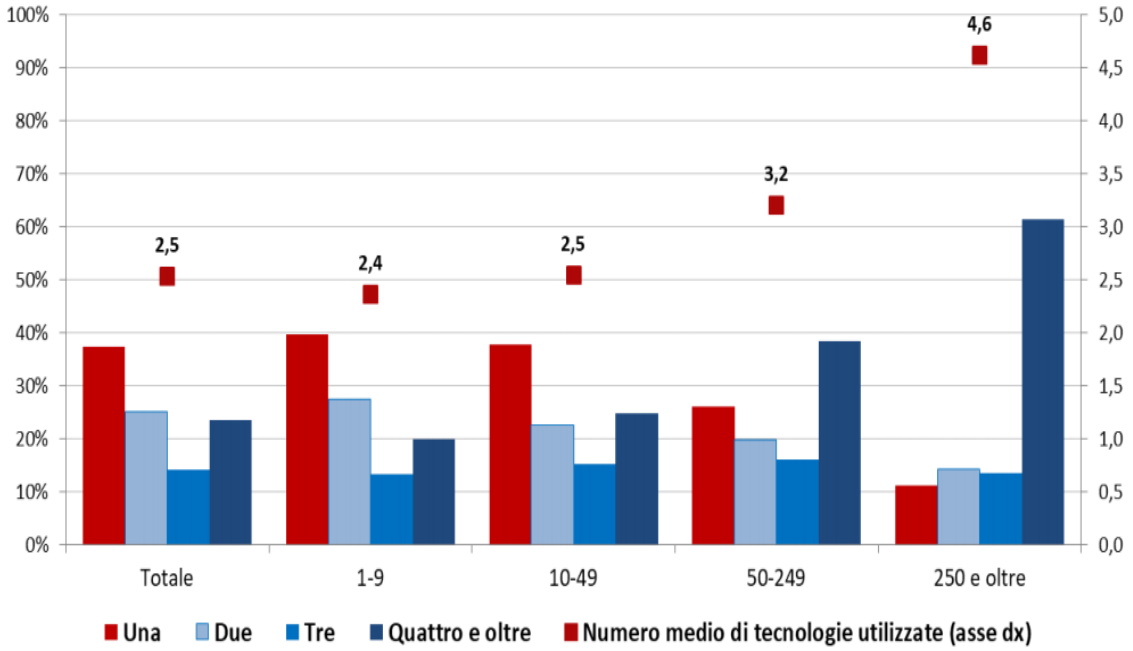

Figura 8: Numero di tecnologie utilizzate: distribuzione percentuale delle imprese per classi (asse sx) e numero medio di tecnologie impiegate (asse dx) (fonte: MISE)

I maggiori investimenti in tecnologie 4.0 interessavano il comparto delle macchine elettriche e delle apparecchiature elettroniche (23,7%), seguito dal settore della chimica e plastica (15,8%), e dal comparto della fabbricazione di mezzi di trasporto (15,1%). Tra i comparti meno interessati dagli investimenti rientravano il settore del legno-mobili (5,1%), quello agroalimentare (4,8%) e quello dell'abbigliamento (3,8%) [94].

Dall'indagine del MISE risulta, inoltre, che le imprese che avevano effettuato investimenti in tecnologie 4.0 avevano ottenuto benefici produttivi non indifferenti. "Il

risultato più diffuso era legato al miglioramento della qualità dei prodotti e della minimizzazione degli errori (63,4%), seguito dall'incremento della produttività (46,3%), flessibilità della produzione (25,3%), possibilità di entrare in nuovi mercati (21,9%) e, infine, miglioramento della sicurezza (20,9%)" [95].

Anche dal punto di vista delle performance economiche l'indagine ha rilevato benefici evidenti: tra le imprese 4.0, il 36,2% aveva registrato una crescita dell'occupazione. Oltre la metà dei soggetti intervistati dichiarava di avere registrato un incremento del volume di affari e del fatturato. Per le imprese che non avevano in programma di utilizzare le nuove tecnologie il quadro economico si presentava invece critico, con circa il 30% delle imprese che aveva registrato una contrazione dei ricavi. Inoltre, la percentuale di imprese esportatrici nelle aziende 4.0 risultava essere circa 2,5 volte superiore rispetto a quella delle imprese che non intendevano investire in tecnologie 4.0 [96].

Nonostante gli oggettivi benefici ottenuti, il rapporto ha rilevato che nelle imprese manifatturiere italiane, relativamente al 2017, emergevano criticità legate alla disponibilità di competenze. Le imprese "tradizionali" non segnalavano presenza di criticità nelle competenze (tale indicazione era tuttavia legata all'incapacità da parte di queste imprese nell'identificare le proprie aree di criticità e le conseguenti esigenze di rafforzamento). Le imprese con programmi futuri in Industria 4.0 segnalavano, invece, una maggiore presenza di criticità. Tra queste, il 10,6% dei soggetti segnalava carenze nelle competenze manageriali, il 22,4% nelle competenze tecnico/professionali e il 16,3% nell'implementazione delle tecnologie 4.0. Il 26,2% delle imprese analizzate non aveva ancora realizzato alcuna azione correttiva, mentre solo il 17,7% aveva avviato nuove assunzioni. Dal punto di vista dimensionale risultavano alcune differenze sostanziali: le imprese di maggiori dimensioni ricorrevano in prevalenza alla formazione del personale e a nuove assunzioni, mentre le micro e piccole imprese, oltre alla formazione, ricorrevano maggiormente all'acquisto di servizi e a collaborazioni esterne. Tale fenomeno costituiva una criticità evidente per le imprese di dimensioni minori, dal momento che circa un terzo delle microaziende e circa l'11% del totale delle aziende con 10-49 addetti non riusciva a organizzare alcuna azione correttiva.

L'indagine ha evidenziato come nel processo di trasformazione 4.0 il ruolo delle politiche pubbliche sia stato incisivo: "il 56,9% delle imprese 4.0 dichiarava, relativamente al 2017, di aver utilizzato almeno una misura di sostegno pubblico. Le imprese avevano utilizzato

in larga prevalenza le misure del Superammortamento e l'Iperammortamento (36,8%), il Credito d'imposta per le spese in R&S (17,0%), la Nuova Sabatini (19,8%) e i fondi di garanzia per le PMI (11,3%). Inoltre, dal rapporto è emerso che, sempre relativamente al 2017, il 57,5% delle imprese 4.0 avevano avuto accesso ad almeno 2 incentivi mentre il 27,9% ad almeno 3 misure" [97].

Sullo stesso fronte, l'ISTAT, nel 2018, ha pubblicato il "*Rapporto sulla competitività dei settori produttivi*", che fornisce le prime indicazioni sull'efficacia di alcune misure contenute nel Piano Impresa 4.0. Nell'indagine è emerso che la "misura del Superammortamento aveva svolto un ruolo decisivo nelle decisioni di investimento per il 62,3% delle imprese manifatturiere considerate. Per quanto riguarda l'Iperammortamento, considerata la misura più direttamente rivolta a stimolare la transizione 4.0, il suo ruolo centrale nelle decisioni di investimento era riconosciuto da numerose imprese: dal 53% delle imprese di media dimensione, dal 57,6% delle grandi imprese e dal 34,2% delle piccole imprese. Altrettanto efficace risultava la misura del credito d'imposta R&S, apprezzata da oltre il 40% delle imprese manifatturiere. Le agevolazioni finanziarie previste dalla misura cosiddetta *Nuova Sabatini* erano considerate di rilievo dal 35,2% delle piccole imprese e dal 28,9% delle imprese di media dimensione" [98].

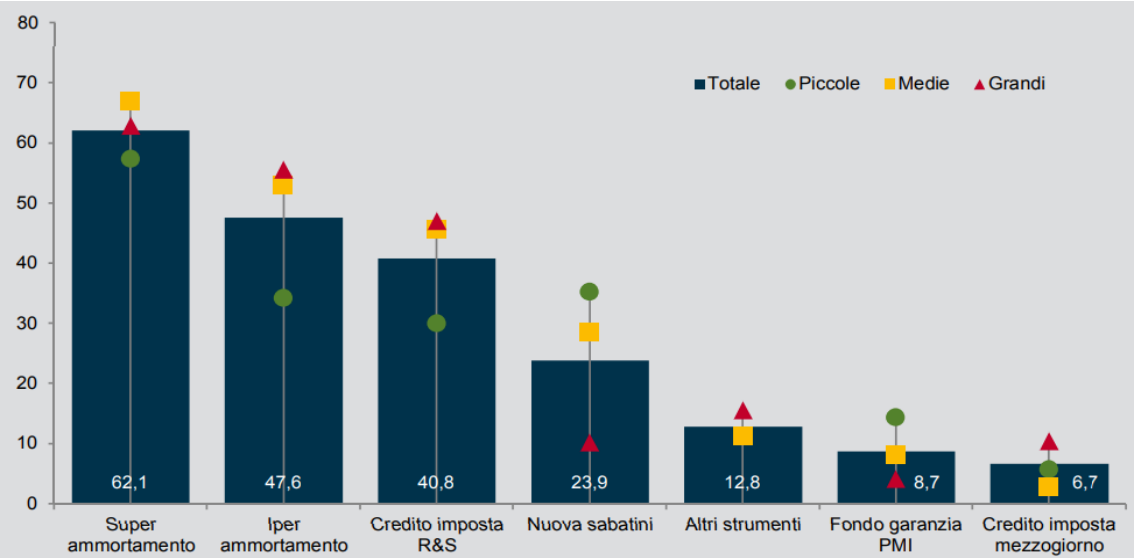

Figura 9: Rilevanza degli incentivi nella decisione di investire delle imprese per dimensione (fonte:ISTAT)

Come affermato precedentemente, l'Iperammortamento è stata la principale misura con cui il Governo, all'interno del *Piano Nazionale Industria 4.0*, ha sostenuto per tutto il 2017 la domanda di investimenti in beni strumentali alla trasformazione digitale delle imprese italiane. Sulla base delle dichiarazioni dei redditi delle società di capitali italiane per l'anno d'imposta 2017, Confindustria ha stimato che l'ammontare degli investimenti effettivamente realizzati risultava pari a 5 miliardi di euro per i beni d'investimento materiali e 3,3 miliardi di euro per i beni d'investimento immateriali. Hanno contribuito a determinare questi valori circa ottomila imprese per la componente Iper-ammortamento sui beni materiali e circa diciottomila imprese per la componente Iper-ammortamento sui beni immateriali. A queste cifre sono da sommare gli investimenti effettuati nel 2017 da circa settemila tra ditte individuali e società di persone, pari a 450 milioni di euro di investimenti in beni materiali. Poiché i tempi medi di consegna sono stati stimati pari a 6,6 mesi, ciò significa che gli ordini successivi al mese di giugno 2017 non erano stati evasi entro l'anno. Questi ordini corrispondevano al 46% del totale degli ordini del 2017. Pertanto, integrando le informazioni relative alle dichiarazioni dei redditi delle imprese italiane per l'anno d'imposta 2017 con quelle relative agli ordini non evasi nel corso dell'anno, Confindustria ha ricavato una stima complessiva dell'ammontare degli investimenti in beni strumentali materiali agevolabili pari a 10 miliardi di euro. Sono oltre 4400 le imprese manifatturiere che hanno beneficiato dell'Iperammortamento, per un ammontare investito stimato di oltre 4 miliardi e 250 milioni di euro, che corrispondono all'86% circa del totale nel 2017 [99].

In termini di investimento medio per impresa esisteva, invece, una chiara relazione positiva con la scala dimensionale: 117.000€ per imprese fino ai 9 dipendenti; 412.000€ per imprese con unità di addetti comprese tra 10 e 50; 1.384.000€ per imprese con unità di addetti comprese tra 51 e 250; 5.400.000€ per le imprese con più di 250 dipendenti [100].

2.4.2 Evidenze 2018

Il rapporto annuale dell'Osservatorio Transizione Industria 4.0 del Politecnico di Milano descrive, anno per anno, lo stato dell'arte di Industria 4.0 in Italia. In base al report 2018 intitolato "*Industria 4.0: Business Scenario e Case History*", il mercato dei progetti 4.0 in Italia nel 2018 valeva, secondo le stime dell'Osservatorio, circa 3,2 miliardi di euro, ai

quali andavano aggiunti circa 700 milioni di euro legati all'indotto. Tale risultato segnava una crescita di ben il 35% rispetto al 2017. Un risultato non sorprendente poiché molti esperti del settore avevano previsto che nel 2018 si sarebbero manifestati i maggiori effetti del *Piano Impresa 4.0*.

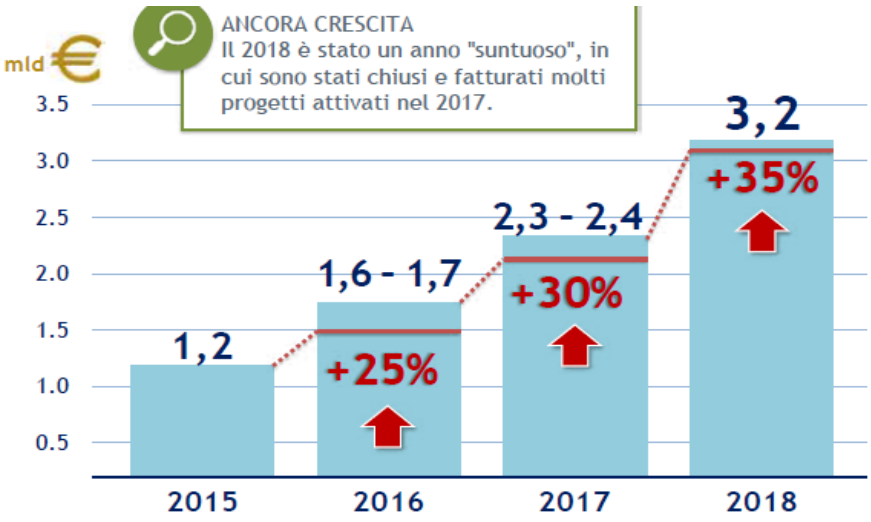

Figura 10: Il mercato 4.0 in Italia quadriennio 2015-2018 (fonte: Osservatori Digital Innovation-Politecnico di Milano- Dipartimento Ingegneria Gestionale © www.osservatori.net)

Circa il 60% del mercato era ancora legato, come nel 2017, a progetti di connettività ed acquisizione dati (Industrial-IoT). Infatti, sul totale del valore di mercato (3,2 miliardi di euro) la tecnologia abilitante più utilizzata era rappresentata dall'IoT, pari circa a 1,9 miliardi di euro, seguita dall'Industrial Analytics (17%) con 530 milioni di euro e dal Cloud Manufacturing (8%) con 270 milioni di euro. Si registravano tassi di crescita per le tecnologie appena elencate, rispettivamente, di +40%, +30% e +35% rispetto al 2017. Dal punto di vista delle applicazioni, queste tecnologie erano diffuse maggiormente in ambito produttivo, di manutenzione e logistico [101].

Per quanto riguarda le tecnologie abilitanti OT (Operation Technology), la crescita registrata era più contenuta: +10% per il mercato dell'Automazione Avanzata (es. cobot) il cui valore al 2018 si aggirava attorno ai 160 milioni di euro. Le applicazioni principali riguardavano la logistica interna (AGV), la produzione/assemblaggio e il controllo qualità. Le tecnologie di Interfaccia uomo-macchina (Advanced HMI) seppur in crescita del 50% rispetto al 2017, registravano una quota di mercato ancora contenuta, pari a 45 milioni di euro. Il loro impiego riguardava principalmente il monitoraggio e il controllo delle macchine e dei componenti e la formazione del personale. Il valore di mercato

dell'Additive Manufacturing ammontava a circa 70 milioni di euro, con un +10% rispetto al 2017. Infine, secondo le stime dell'Osservatorio, il valore delle attività di consulenza per progetti Industria 4.0 condotte dalle imprese italiane risultava nel 2018 intorno ai 220 milioni di euro, con una crescita del 10%. Tale risultato, piuttosto deludente, segnalava il grande lavoro che ancora c'era da fare sullo sviluppo di competenze digitali [102].

2.4.3 Evidenze 2019

Nell'indagine del 2019 condotta dall'Osservatorio Transizione 4.0 dal titolo "*Industria 4.0: Business Scenario*" viene delineato un nuovo stato dell'arte di Industria 4.0 in Italia. Se il report del 2018 aveva evidenziato la presa di consapevolezza da parte delle imprese italiane sul paradigma Industry 4.0, nell'indagine del 2019 emerge la volontà da parte delle imprese di comprendere pienamente e correttamente le potenzialità delle tecnologie introdotte da Industry 4.0, avviando un percorso pluriennale da gestire e, soprattutto, concretizzare. A dimostrazione di tale tendenza, dall'analisi dell'Osservatorio risultava che l'80% delle imprese appartenenti al campione era consapevole del fatto che il percorso di trasformazione era solo agli inizi, poiché Industria 4.0 non rappresentava una semplice una evoluzione del processo di digitalizzazione intrapreso negli ultimi anni, bensì una trasformazione totalmente nuova, le cui potenzialità erano ancora poco comprese. Dal rapporto emergeva che circa un terzo del campione aveva già effettuato una valutazione della propria preparazione digitale, il 54% era intenzionato ad effettuarla in futuro mentre il 14% del campione non aveva effettuato nessuna valutazione e non era interessato a farla. Tra questi ultimi, la maggior parte era costituita da PMI [103].
Il mercato dell'Industria 4.0 in Italia nel 2019 continuava a crescere, con quasi 800 applicazioni e una media di poco superiore a 4 applicazioni per azienda. Nel 2019 i risultati dell'indagine annuale confermavano un livello di maturità e investimento ben diversi da quelli precedenti. Secondo le stime dell'Osservatorio il mercato di progetti 4.0 in Italia nel 2019 valeva circa 3,9 miliardi di euro, con una crescita del 22% rispetto al 2018. Considerando i tassi di crescita registrati negli anni precedenti (+30% nel 2017 e +35% nel 2018) emergeva un rallentamento. Tale rallentamento era, tuttavia, fisiologico dopo anni di crescita elevata. In tre anni il valore di mercato di Industria 4.0 era quasi triplicato. Sul totale del valore di mercato (3,9 miliardi) la tecnologia abilitante più utilizzata era rappresentata, anche nel 2019, dall'IoT (60%), pari a circa 2,3 miliardi di

euro, seguita dall'Industrial Analytics (16%) con 630 milioni di euro e dal Cloud Manufacturing (9%) con 325 milioni di euro. Tali tecnologie registravano tassi di crescita pari, rispettivamente, a +22%, +19% e +21% rispetto al 2018. Le tecnologie OT registravano invece una crescita del 17% per il mercato dell'Automazione Avanzata, con un valore di mercato stimato in 190 milioni di euro. Le tecnologie di interfaccia uomo-macchina (Advanced HMI) si attestavano sui 55 milioni di euro, con un +25% rispetto al 2018. Infine, il valore di mercato dell'Additive Manufacturing era stimato intorno ai 85 milioni di euro, con una crescita del 18% rispetto al 2018. In crescita anche il valore delle attività di consulenza su progetti Industria 4.0 condotti da imprese italiane: 255 milioni di euro nel 2019, con un +17% rispetto al 2018. Tale crescita era di buon auspicio poiché dimostrava che le aziende, una volta consolidato il processo di acquisizione di tecnologie, stavano concentrando gli investimenti in competenze destinate a un miglior sfruttamento delle nuove tecnologie [104].

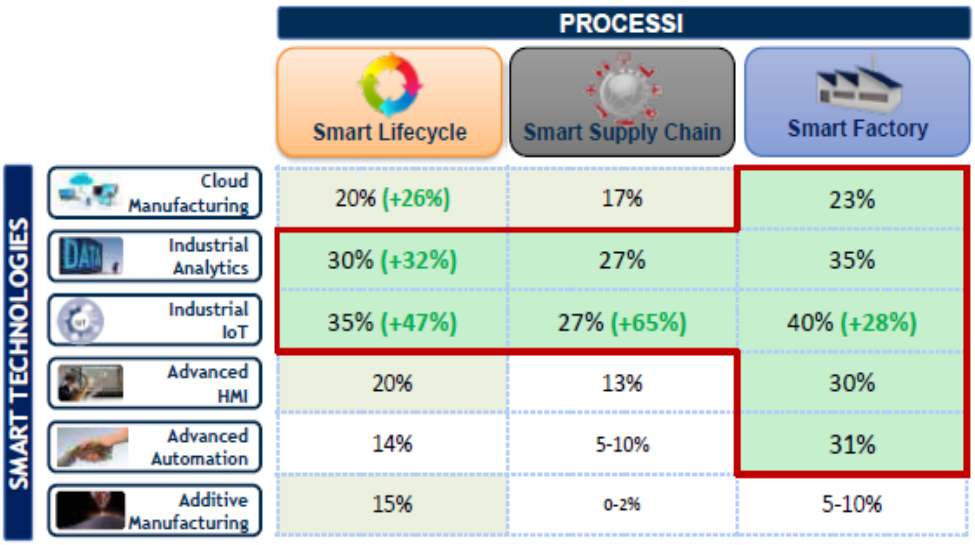

Figura 11: Quadro applicativo italiano (fonte: Osservatori Digital Innovation-Politecnico di Milano-Dipartimento Ingegneria Gestionale © www.osservatori.net)

In termini di applicazioni, l'ambito produttivo (Smart Factory) si confermava anche per il 2019 quello più ricco di iniziative (42%). Tuttavia, segnali di crescita si registravano anche per gli ambiti al di fuori del contesto della fabbrica, quali Product Life Cycle e Supply Chain (+8% rispetto al 2018). L'intelligenza artificiale nel 2019 non era ancora prevista in modo rilevante nei piani di investimento delle aziende per i successivi 5 anni,

con alcune eccezioni per le aziende di grandi dimensioni, mentre le PMI restavano concentrate su investimenti più vicini alle tecnologie principali dell'Industria 4.0 [105].
Per quando riguarda invece la banda ultra-larga, i dati forniti dall'Autorità per le garanzie nelle comunicazioni (AGCOM), aggiornati a inizio 2020, mostravano che "la banda a 30 Mbps raggiungeva il 66,6% della popolazione mentre quella a 100 Mbps il 20,3% della popolazione. La banda tra i 100 e i 500 Mbps era invece disponibile per il 17,3% della popolazione e quella superiore ai 500 Mbps del 10% dei cittadini" [106].
Infine, dal rapporto dell'Osservatorio emergeva che il 22% del campione riteneva gli incentivi del Piano Impresa 4.0 imprescindibili per realizzare gli investimenti effettuati, mentre il 10% sosteneva che gli investimenti sarebbero stati fatti a prescindere [107].

2.4.4 Evidenze sull'occupazione

Confindustria ha analizzato i flussi delle assunzioni e delle cessazioni di lavoro dipendente per impresa nel periodo 2017-2019. Dall'analisi emerge che l'effetto occupazionale nelle imprese che hanno beneficiato degli incentivi previsti dal piano *Impresa 4.0* è stato migliore di quello registrato nelle imprese non beneficiare (+3% in media al mese e +10,9% nel periodo 2017-2019). Solo il 6,3% delle aziende incluse nel campione analizzato ha registrato effetti negativi sui propri livelli occupazionali. L'effetto occupazionale positivo si è manifestato in tutte le imprese di ogni dimensione e collocazione geografica. Rispetto alle imprese non beneficiarie degli incentivi di Industria 4.0, le imprese 4.0 hanno registrato un +2,6% di occupati tra i lavoratori al di sotto dei 35 anni e un +1,3% tra quelli sopra i 35 anni. Le assunzioni hanno riguardato prevalentemente operai specializzati e conduttori d'impianti [108].

2.5 Conclusioni

A fine 2019, prima del diffondersi della Pandemia di Covid-19, i numeri confermano un bilancio tutto sommato positivo sullo stato dell'arte di Industria 4.0 in Italia. Gli incentivi del Piano Impresa 4.0 hanno senza dubbio prodotto un effetto leva sugli investimenti, determinando di anno in anno una crescita significativa del mercato dei progetti 4.0 in Italia, come è possibile notare nel grafico seguente, elaborato dall'Osservatorio Transizione Industria 4.0, che riassume i risultati emersi nei precedenti paragrafi.

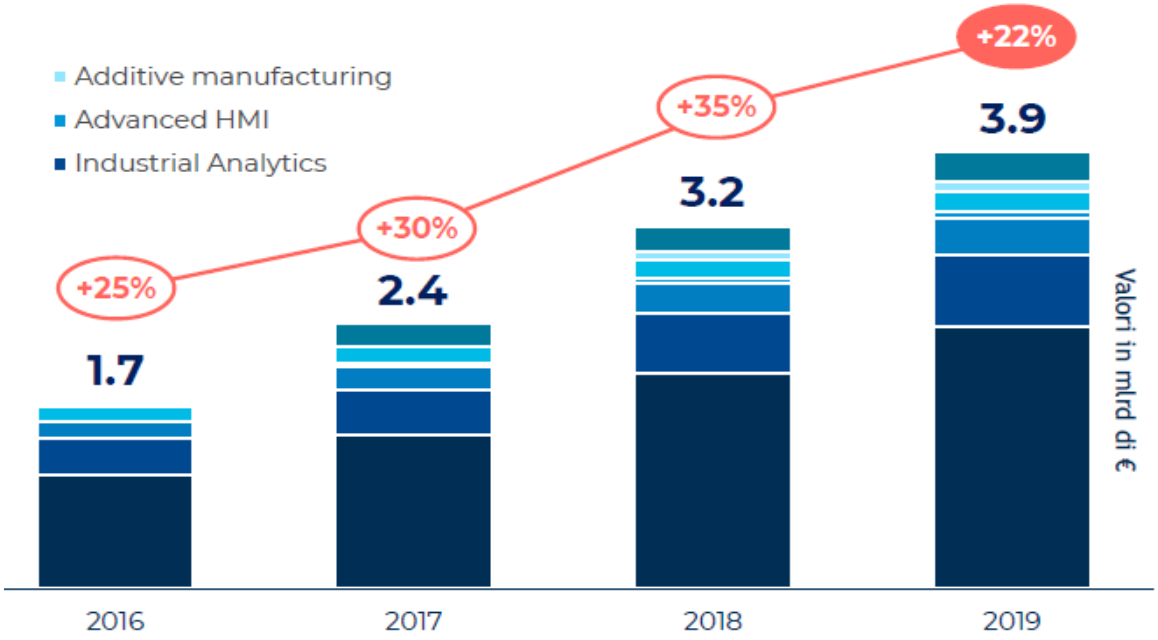

Figura 12: Tassi di crescita annuali del mercato Industria 4.0 in Italia (fonte: Osservatori Digital Innovation- Politecnico di Milano- Dipartimento Ingegneria Gestionale © www.osservatori.net)

Tuttavia, emergono allo stesso tempo alcune criticità. Infatti, se si considera il valore complessivo degli investimenti in beni materiali e immateriali 4.0, pari a circa 13 miliardi di euro, il dato è positivo. Se però si confronta tale dato con il numero di imprese che hanno beneficiato degli incentivi, pari a circa 53.000 imprese, e soprattutto con il numero di imprese che hanno usufruito del Superammortamento, oltre un milione di imprese, risulta che la platea di potenziali beneficiari degli incentivi del Piano è ancora ampia. Scendendo nel dettaglio, emerge che oltre il 60% degli incentivi hanno interessato grandi imprese, relegando di fatto ai margini le PMI [109].

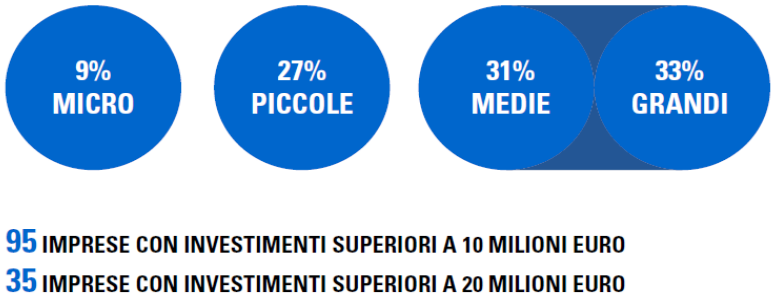

Figura 13: Utilizzo Iperammortamento Beni Materiali (credit: MISE)

Secondo i dati dell'Osservatorio Industria 4.0, significativi sono i benefici ottenuti dalle imprese che hanno implementato soluzioni 4.0: il 47% delle imprese analizzate dichiara di aver migliorato la flessibilità di produzione, il 38% di aver incrementato la produttività, il 34% di aver ridotto i tempi di progettazione, il 33% ha invece potuto sviluppare prodotti innovativi. Questi risultati dimostrano quanto sia fondamentale la transizione dell'industria italiana verso il paradigma Industry 4.0, soprattutto di fronte ai trend che, prima della pandemia da Covid-19, minacciavano la competitività delle imprese: Brexit, tensione tra Stati Uniti, Cina e Russia, rallentamento dell'economia tedesca. È proprio in casi di grande incertezza che la flessibilità operativa acquisisce maggiore importanza; flessibilità che rappresenta appunto il principale beneficio di Industria 4.0 [110].

Al di là dei benefici, andando a confrontare tra il 2017 e il 2019 gli stanziamenti pubblici previsti per il Piano Impresa 4.0 risulta che nel corso degli anni, nonostante sia cresciuto il numero degli interventi dedicati a Industria 4.0, non sono state aumentate di conseguenza le risorse a sostegno delle imprese; anzi, queste sono progressivamente diminuite. Il totale degli stanziamenti per il triennio 2019-2021 è, infatti, pari a circa a un terzo di quanto stanziato per il triennio 2017-2019 e a circa la metà di quanto stanziato per il triennio 2018-2020 [111].

Rimangono, inoltre, barriere che ostacolano il pieno sviluppo di applicazioni 4.0. Tra queste rientrano le problematiche relative allo sviluppo delle competenze adatte a gestire la transizione verso Industria 4.0 e a sfruttare a pieno il potenziale delle tecnologie abilitanti, ma anche problemi di gestione del know how e change management. Non sorprende che le imprese lamentino un'offerta di capitale umano insufficiente a soddisfare la domanda di professionisti e tecnici specializzati. Emblematiche, sul fronte delle competenze, risultano le problematiche relative allo sviluppo dei Competence Center in Italia. Il Piano Impresa 4.0 mirava a costruire due pilastri: gli investimenti in tecnologia e le competenze per governarli. Mentre il primo pilastro ha avuto un esito, in linea generale, abbastanza soddisfacente, il secondo pilastro ha incontrato invece numerosi ostacoli lungo la strada verso la sua implementazione. Nel 2017 i Competence Center richiedevano ancora, da parte del governo, una elaborazione progettuale ed una spiegazione dettagliata del funzionamento, che è stata rinviata al 2018, con l'individuazione di otto Competence Center selezionati con un bando dal MISE. A dicembre 2018 si è conclusa la fase di negoziazione, che ha portato alla definizione delle

proposte progettuali, mentre solo a partire dall'aprile del 2019, grazie alle prime erogazioni dei finanziamenti da parte del Mise, i Competence Center sono riusciti a dare un concreto avvio alla realizzazione dei progetti.

Nonostante gli sforzi, rimane un significativo distacco con i Paesi UE per quanto riguarda l'istruzione e lo sviluppo di competenze necessarie a garantire la transizione verso la rivoluzione 4.0. Secondo le stime del MISE, la diffusione delle competenze digitali tra i lavoratori italiani si attesta su valori di gran lunga inferiori rispetto alla media europea (29% contro 37%). Anche sul fronte della partecipazione a corsi di formazione in tecnologie 4.0 l'Italia risulta fanalino di coda in Europa, con un tasso di partecipazione pari all'8,3% contro il 10,8% della media europea. Il distacco risulta ancor più ampio rispetto a Francia (18,8%), Regno Unito (14,4%) e, soprattutto, Paesi come Svezia, Danimarca e Finlandia (tutti al di sopra del 25%). Significativo è inoltre il divario che separa l'Italia dagli altri Paesi UE in termini di studenti iscritti negli Istituti Tecnici Superiori: 9.000 iscritti in Italia contro i 760.000 della Germania, i 529.000 della Francia e i 400.000 della Spagna. Non ci si può pertanto limitare a stanziare risorse. La transizione verso il Paradigma 4.0 è un processo che va supportato soprattutto con lo sviluppo di competenze digitali, creando una solida e stabile connessione tra il mondo produttivo e quello della ricerca [112].

Capitolo 3

PMI e Industria 4.0: un rapporto difficile

3.1 Impatto di Industria 4.0 sulle PMI italiane

Come visto nel capitolo precedente, i dati di fine 2019, pochi mesi prima della diffusione della Pandemia di Covid-19, confermano un bilancio tutto sommato positivo degli effetti di Industria 4.0 sul tessuto industriale italiano. I benefici ottenuti dalle imprese sono tangibili: miglioramenti significativi della flessibilità di produzione, aumento considerevole della produttività, riduzione dei tempi di progettazione e spinta all'innovazione di prodotto. Gli incentivi del *Piano Impresa 4.0* hanno prodotto un effetto leva sugli investimenti, determinando di anno in anno una crescita significativa del mercato dei progetti 4.0 in Italia, passando da un valore di 1,7 miliardi di euro del 2016 ai 3,9 miliardi di euro del 2019. Il Piano è riuscito, pertanto, ad accendere i riflettori sui temi dell'innovazione digitale in ottica 4.0, mettendo in risalto i benefici e le opportunità che la Quarta Rivoluzione Industriale può offrire all'industria italiana in termini di competitività e crescita economica. Tuttavia, come riporta il MISE, sul totale delle 53.000 imprese che hanno beneficiato degli incentivi, oltre il 60% degli incentivi hanno interessato grandi imprese, a discapito delle PMI italiane. Mentre le grandi imprese hanno investito nella trasformazione digitale con sempre maggiore convinzione, le PMI hanno rincorso a fatica. Il triennio 2017-2019 ha mostrato le PMI in cammino, seppur molto lentamente, dal momento che la quota detenuta dalle Piccole e Medie imprese sul totale del mercato Industria 4.0 in Italia non ha accennato ad aumentare. A dimostrazione di ciò emergono alcuni dati che delineano un quadro piuttosto preoccupante: poche PMI hanno affrontato la Rivoluzione 4.0 con un approccio sistemico che abbia considerato contemporaneamente sia le soluzioni tecnologiche sia lo sviluppo di competenze digitali, e sono ancora una minoranza quelle che valutano in modo adeguato gli investimenti da effettuare per realizzare la trasformazione 4.0. Sulla base del *Cerved Growth Index,* un indice che sintetizza il grado di innovazione digitale di una impresa per determinare le sue potenzialità di crescita, sono solo il 9% le PMI con *digital capabilities* elevate nel

2019. Scendendo più nel dettaglio, emerge che solo il 7,8% delle piccole imprese e il 15,9% delle medie imprese possiedono *digital capabilities* adeguate [113]. In base alle indagini condotte dall'ISTAT, "nel 2019 l'82% delle PMI non ha adottato più di sei tecnologie tra le dodici considerate dall'indicatore europeo di digitalizzazione (nel Mezzogiorno si arriva all'87,1%). Le tecnologie abilitanti sono poco utilizzate tra le PMI: circa l'8% dichiara di avvalersi di almeno due tecnologie 4.0" [114]. L'Osservatorio Industria 4.0 del Politecnico di Milano ha condotto un'analisi sullo stato di adozione del Cloud Computing e dei Big Data in Italia per spaccato dimensionale. È emerso che le PMI, sul totale del mercato Cloud in Italia, valgono solo l'11%. Nel 2019, una PMI su tre ha utilizzato il Cloud in maniera sperimentale e circa una PMI su quattro ha dichiarato di utilizzarlo a regime, mentre circa sei PMI su dieci si sono dichiarate ancora non interessate. Per le grandi impese, invece, il tasso di adozione del Cloud Computing nel 2019 ha superato l'80%. La causa di ciò è da imputare a motivi di carattere culturale: vi è poca fiducia sulla sicurezza dei dati e si percepisce una perdita di controllo sui dati aziendali. Sul fronte dei Big Data Analytics il ritardo delle PMI si accentua di anno in anno, con soltanto il 7% del totale delle PMI che nel 2019 hanno sfruttato le tecnologie di Big Data, delle quali più del 50% ha avviato solo progetti pilota. Da sottolineare come quattro PMI su dieci abbiano dichiarato di non conoscere il significato del termine Big Data. Molte PMI sono ancora legate ad un approccio tradizionale all'analisi dei dati, focalizzando prevalentemente l'attenzione su dati storici transazionali o, nel caso di aziende attive on-line con sito web o con un e-commerce, su analisi descrittive molto semplici [115]. L'Osservatorio Internet of Things del Politecnico di Milano ha condotto nel 2019 un'indagine su 525 PMI con sede in Italia, con l'obiettivo di comprendere i progetti realizzati in ottica Industrial IoT. È emersa la presenza di un divario significativo tra PMI e grandi imprese: il 97% delle grandi imprese appartenenti al campione ha dichiarato di conoscere le soluzioni IoT per l'Industria 4.0, mentre solo il 39% delle Piccole e Medie imprese ne ha sentito parlare. Anche lo stato dell'arte dei progetti IoT cambia molto a seconda della dimensione aziendale: il 54% delle grandi imprese ha avviato almeno un progetto in ambito IoT nel triennio 2017-2019, mentre solo il 13% delle Piccole e Medie imprese ha fatto altrettanto [116]. Dati ISTAT evidenziano che "le PMI connesse a velocità almeno pari a 30 Mbps sono il 75% mentre le grandi imprese il 90,5%. Inoltre, le PMI che hanno impiegato l'Additive Manufacturing nei loro processi

produttivi sono il 3,9% contro il 14,7% delle imprese più grandi. Per quanto riguarda invece la formazione del personale su temi 4.0, solo il 15,5% delle PMI ha introdotto corsi per i propri addetti. Sul fronte Intelligenza Artificiale il 91,8% delle PMI ha dichiarato di non aver utilizzato nel corso del 2019 alcuno strumento di Intelligenza Artificiale, il 7,9% ne ha utilizzato almeno uno, contro il 26,3% delle grandi imprese" [117].

Tale scenario risulta alquanto sorprendente, dal momento che le Piccole e Medie Imprese costituiscono la spina dorsale dell'economia italiana, rappresentando, insieme alle microimprese, il 99,8% del totale delle imprese operanti sul territorio italiano, contro lo 0,2% costituito dalle grandi imprese. Il *Rapporto Cerved 2020* sulle PMI italiane ha stimato che il numero di PMI che operano nel sistema produttivo italiano si attesta a quota 158.688. "Di queste, 131.758 sono piccole imprese e 26.810 medie imprese. Le PMI rappresentano il 19,6% delle imprese che hanno depositato un bilancio valido e occupano 4,2 milioni di addetti. Di questi, 2,2 milioni lavorano in aziende piccole e i restanti 2 milioni in aziende di medie dimensioni. Le PMI hanno prodotto un giro d'affari nel 2019 di 1.054 Miliardi di euro, hanno generato il 38% del valore aggiunto, pari a 232 miliardi di euro, e hanno inciso per il 12% sul PIL italiano. Il 44% delle piccole e medie imprese appartiene al settore manifatturiero" [118].

Alla luce di tali dati si può ben comprendere come le Piccole e Medie Imprese costituiscano un elemento chiave per la competitività del nostro Paese e giochino un ruolo centrale nei processi di creazione di valore lungo le diverse filiere produttive. Nonostante ciò, dall'analisi di un campione rappresentativo di circa 200.000 Piccole e Medie Imprese italiane condotta dall'Osservatorio Transizione Industria 4.0 emerge che, con riferimento al 2019, l'88% degli imprenditori considera le innovazioni digitali necessarie per competere sui mercati nazionali e globali, ma solo il 26% dimostra di avere una maturità digitale adeguata. Tale situazione si traduce in un divario significativo rispetto alle grandi imprese in termini di performance e di produttività. Gli indicatori economici mostrano una performance nettamente inferiore rispetto alle realtà più grandi: le PMI hanno infatti un valore aggiunto per addetto medio del 28% inferiore rispetto a quello delle grandi aziende, una retribuzione più bassa del 25% ed un fatturato per dipendente inferiore del 28% [119].

In tale scenario l'innovazione digitale può rappresentare un potente alleato per sostenere la competitività delle PMI in un mercato che diventa sempre più interconnesso. Il Piano Impresa 4.0 ha favorito la presa di consapevolezza da parte delle PMI italiane sulla centralità della digitalizzazione in ottica 4.0. Tale consapevolezza non è però sufficiente: è necessario accelerare e recuperare il ritardo accumulato, comprendere pienamente e correttamente le potenzialità delle tecnologie introdotte da Industry 4.0, avviando un percorso pluriennale da gestire e, soprattutto, concretizzare.

Nei prossimi paragrafi si procederà ad una analisi delle maturità digitale delle PMI e delle principali barriere incontrate dalle stesse nel percorso di transizione verso il paradigma Industry 4.0. Solo una volta individuate le cause sarà possibile proporre una soluzione e individuare l'approccio più idoneo per introdurre con successo le tecnologie 4.0 all'interno delle PMI.

3.2 Maturità digitale delle PMI italiane

Al fine di identificare i principali fabbisogni che le PMI devono soddisfare per poter intraprendere con successo il processo di transizione verso il paradigma Industry 4.0, occorre innanzitutto valutare lo stato attuale della maturità digitale delle PMI, con l'uso di un opportuno strumento di assessment. Questo primo obiettivo è di essenziale importanza poiché rappresenta il punto di partenza per tutte quelle imprese che vogliono intraprendere un percorso di trasformazione digitale in ottica 4.0 e permette loro di identificare i principali ostacoli che non consentono di raggiungere gli obiettivi prefissati. Per valutare lo stato attuale della digital readiness nelle PMI, l'Osservatorio Transizione Industria 4.0 ha messo a punto uno specifico strumento di assessment. Nel 2019 l'Osservatorio ha condotto un'indagine che ha coinvolto più di 1500 Piccole e Medie Imprese, il cui scopo è stato quello di determinare la maturità digitale del campione, attraverso un indice che è il *digital maturity score*. Per misurare la maturità digitale delle PMI italiane sono state considerate quattro macro-variabili: l'interesse del vertice aziendale verso il tema Industry 4.0, l'organizzazione e la governance in termini di figure dedicate allo sviluppo e alla gestione dell'innovazione digitale e, infine, l'utilizzo di tecnologie digitali 4.0 nell'operatività aziendale, sia in termini di processi interni sia esterni.

L’interesse verso il digitale del vertice aziendale fornisce un’indicazione su quanto il top management consideri le tecnologie 4.0 strategiche per l’azienda.

L’organizzazione, la governance e la cultura digitale comprendono tutte quelle scelte organizzative che sono conseguenti alla creazione, alla gestione e al mantenimento di tecnologie o all’intraprendimento di un percorso di innovazione digitale. Il potenziale di cambiamento e di innovazione di un’impresa dipende, infatti, dalla disponibilità di competenze interne necessarie a supportare l’introduzione e lo sviluppo del paradigma Industry 4.0. “Il capitale umano è considerabile come l’insieme delle conoscenze e capacità produttive apprese da un individuo attraverso l’istruzione, la formazione e l’esperienza lavorativa. Le variabili usate per definire il livello di capitale umano sono: il livello di istruzione, espresso come numero di anni di formazione del più alto titolo di studio conseguito, e la job tenure, ossia l’esperienza specifica maturata dal lavoratore presso il suo datore di lavoro” [120].

L’utilizzo di tecnologie 4.0 nei processi aziendali interni può riguardare, ad esempio, la gestione delle risorse umane, la sicurezza informatica, la gestione documentale, la programmazione e il controllo dei processi produttivi, la gestione della manutenzione, il controllo qualità, mentre l’utilizzo delle tecnologie digitali nei processi aziendali esterni riguarda la gestione delle relazioni all’interno della supply chain con fornitori, partner commerciali e clienti. Il livello di maturità digitale dipende, infatti, dalla presenza di macchinari e software 4.0 in grado di gestire ed eseguire i processi a valore aggiunto e modificare gli stessi in ottica di miglioramento continuo, e dalla capacità dell’impresa di saper costruire la propria Digital Backbone, ovvero “la propria architettura di sistemi informativi con cui facilitare lo scambio di informazioni all’interno dell’azienda e con i diversi stakeholder esterni” [121].

Il metodo sviluppato dall’Osservatorio per misurare la digital readiness delle PMI considera i processi aziendali con un approccio modulare, raggruppandoli in aree. Ciascuna area contiene al suo interno alcuni processi chiave che è necessario considerare quando bisogna analizzare le pratiche e le capacità digitali delle aziende. Ciascuna di queste aree è considerata come un modulo auto-contenuto che viene analizzato o meno a seconda delle caratteristiche o dell’interesse dell’azienda oggetto di studio. Le aree aziendali scelte per la valutazione sono strategiche per il cambiamento digitale e comprendono:

- Design and engineering;
- Production management;
- Quality management;
- Maintenance management;
- Logistics management;
- Supply chain management.

Vi è poi un'area denominata Digital Backbone, che permette di comprendere come i processi aziendali siano integrati tra loro e valutare quanto lo scambio di informazioni tra le diverse aree aziendali sia efficace ed efficiente.

Infine, il *digital mature score* è calcolato integrando le valutazioni effettuate attraverso le quattro dimensioni di analisi (committment top management, organizzazione e cultura digitale, utilizzo di tecnologie 4.0, sia nei processi interni che esterni) sui processi inclusi nelle 6 macro-aree precedentemente identificate. Al fine di ottenere un'aggregazione dei dati più possibile rappresentativa del sistema industriale, l'Osservatorio Transizione 4.0 ha individuato i principali settori produttivi: Alimentari, bevande e tabacco; Attività produttive in campo legno, vetro e altri materiali (arredamento); Mezzi di trasporto (automotive e attività produttive affini); Elettronica; Meccanica strumentale e apparecchiature elettriche.

Dall'analisi 2019 sono emersi quattro profili digital delle PMI italiane. Il primo profilo vede il 26% delle PMI italiane come digitalmente mature (Digital Maturity Score:88/100), ossia quelle imprese che possiedono tutte le caratteristiche necessarie per sfruttare in maniera strategica le opportunità del digitale (interesse del vertice aziendale, presenza di figure interne dedicate, processi interni ed esterni completamente digitalizzati). Un ulteriore 28% (DMS:69/100) è invece rappresentato da quelle imprese che traducono la loro trasformazione digitale nello sfruttamento delle tecnologie per migliorare solo i processi interni, quali possono essere la contabilità, il monitoraggio del magazzino e delle vendite, il supporto alle attività di produzione, e che quindi sono mosse principalmente da un'ottica di efficienza. Un ulteriore 20% (DMS:63/100) è rappresentato da quelle imprese che applicano primariamente le tecnologie per aumentare le vendite, migliorando i processi rivolti all'esterno dell'organizzazione. Infine, il

rimanente 26% (DMS: 38/100) è rappresentato da PMI che credono poco nell'importanza del digitale per lo sviluppo del business e prevedono al massimo delle figure professionali interne dedicate a singoli processi o attività operative. Queste imprese, seppur comincino ad essere consapevoli del ruolo chiave del digitale nel business, di fatto non hanno intrapreso alcun tipo di processo di trasformazione digitale.

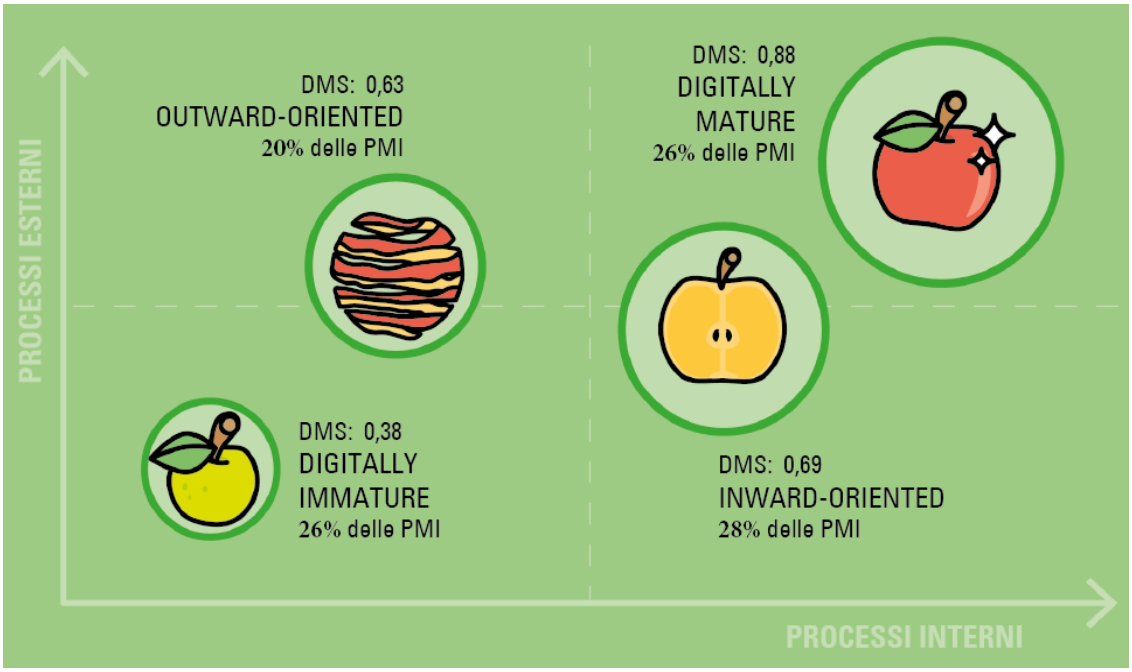

Figura 14: La maturità digitale delle PMI Italiane (fonte: Osservatori Digital Innovation-Politecnico di Milano-Dipartimento Ingegneria Gestionale © www.osservatori.net)

Nell'indagine dell'Osservatorio è emerso che la gran parte degli imprenditori considera le innovazioni digitali importanti per lo sviluppo del business. Passando dalla teoria alla pratica però i numeri non sono così rassicuranti. Se nel 18% delle PMI ancora mancano figure dedicate, nella maggior parte dei casi (64%) il coordinamento è in capo al responsabile IT, il quale spesso si occupa di attività non innovative e di manutenzione ordinaria dei sistemi produttivi. Un ulteriore 18% ha solo figure dedicate a un singolo processo. Nei processi interni le PMI mostrano una discreta adozione delle tecnologie di base, quali gli applicativi per la produttività (85%). Di contro, una maturità di gran lunga inferiore emerge quando si analizzano tecnologie digitali più avanzate. Ad esempio, le soluzioni di Cybersecurity, offerte dal 70% delle imprese, sono solamente soluzioni di base, e solo il 29% è dotato di software che consentono l'integrazione di dati da più fonti. Infine, il digitale nei processi esterni mostra valori in aumento ma non ancora pervasivi. Circa l'80% delle PMI italiane è presente online con un proprio sito web con una

penetrazione dell'e-commerce ancora significativamente inferiore rispetto alla controparte europea e alle grandi imprese (100%).

Passando invece all'analisi per settore, emerge che l'*Automotive* e i settori affini presentano il grado maturità digitale più elevato. Tale risultato è da imputare all'influenza che le case produttrici hanno esercitato sulla filiera, aumentandone il grado di sensibilità verso pratiche mirate alla qualità ed all'efficienza, con benefici in termini di competitività. Un buon grado di maturità presenta anche il settore *Alimentari e bevande*, soprattutto in termini di organizzazione e controllo.

L'analisi della maturità digitale per area di processo evidenzia invece come la gestione della manutenzione sia il processo che presenta il minor grado di maturità digitale, risultando in alcuni casi praticamente assente. Ancora oggi, l'attività manutentiva nelle PMI è intesa come un servizio che non ha valore aggiunto, non considerando le potenzialità di una manutenzione predittiva in termini di produttività e competitività.

In generale, l'attività di assessment ha evidenziato punti di debolezza propri di ciascuna impresa. Lo scambio di informazioni tra le diverse funzioni aziendali non risulta sempre efficiente, a causa dell'assenza di una Digital Backbone. Le attività sono infatti gestite in presenza di un supporto informativo poco o male integrato con il sistema gestionale aziendale. La comunicazione e lo scambio di informazioni e documenti con i fornitori e i clienti avviene principalmente utilizzando strumenti tradizionali (mail o telefono) e raramente tramite un sistema di collaborazione integrato. Tale criticità, insieme all'utilizzo di modalità di lavoro poco automatizzate, espone l'azienda da un lato ad un significativo livello di errori umani e dall'altro all'allungamento dei tempi di reazione. È stata inoltre riscontrata una limitata predisposizione alla raccolta ed alla conseguente analisi dei dati di prestazione relativi ai vari processi aziendali. Raramente sono disponibili sistemi di tracking e tracing dei prodotti, sia all'interno della produzione che al di fuori dei confini dello stabilimento, e raramente sono previsti e organizzati momenti di formazione per i dipendenti ai diversi livelli dell'organizzazione aziendale sulle tematiche della trasformazione digitale.

Le evidenze raccolte dall'Osservatorio sulla readiness digitale delle PMI mostrano quindi che, nonostante vi sia la consapevolezza che le innovazioni digitali siano strategiche per il business aziendale, da un punto di vista pratico le PMI mostrano ancora poca volontà di inserire tecnologie 4.0 all'interno della propria azienda, con soltanto il 26% di esse che

di fatto mostra di essere pronto ad affrontare le sfide di un futuro sempre più digitale. La spinta a digitalizzarsi proviene generalmente da fattori ambientali esterni che possono essere normative vigenti, obblighi imposti da fornitori e clienti o da logiche di mercato e di competitività, piuttosto che dalla vera convinzione dei titolari di dover riorganizzare l'impresa in termini digitali. Si tratta quindi di un tema principalmente culturale e di competenze, che consentano di intraprendere una trasformazione dell'impresa in chiave strategica e non limitata a investimenti spot relativi a singole attività o singoli processi.
La maturità digitale spesso viene erroneamente scambiata per maturità tecnologica, ma i due termini sono ben diversi. Infatti, per realizzare con successo la trasformazione digitale dei processi interni ed esterni non basta unicamente sostituire il parco macchine con nuove tecnologie digitali, ma è necessario avere a disposizione, oltre a un opportuno supporto tecnologico (macchinari, sistemi IT), anche un ben definito supporto organizzativo, fatto di capitale umano e know how, che consenta di monitorare i processi e di eseguirli secondo un approccio standardizzato e strutturato [122].
Grazie all'indagine condotta dall'Osservatorio sulla maturità digitale delle PMI è stato possibile conoscere i punti di forza e debolezza dello status quo delle pratiche aziendali. Questi saranno il punto di partenza per individuare le barriere incontrate dalle PMI nel percorso di trasformazione digitale in ottica Industria 4.0.

3.3 Barriere all'implementazione di Industria 4.0 nelle PMI

I risultati emersi dall'analisi della maturità digitale condotta dall'Osservatorio Industria 4.0 mostrano un quadro poco soddisfacente sullo stato d'adozione delle tecnologie 4.0 da parte delle PMI italiane: solo il 26% ha concluso con successo il processo di transizione verso il Paradigma Industry 4.0. Prima di proporre eventuali soluzioni che potrebbero contribuire ad invertire questo trend negativo, è necessario innanzitutto individuare le principali barriere che possono essere causa di rallentamento, o addirittura di impedimento, del processo di implementazione di Industria 4.0 all'interno delle PMI. Solo se si conoscono gli ostacoli e le barriere alla trasformazione digitale si può definire una corretta roadmap programmatica con una progettualità chiara.
È possibile suddividere le barriere all'implementazione di Industria 4.0 nelle PMI in 6 categorie: Economico-finanziarie; Culturali; Competenze/risorse; Legali; Tecnico-operative; Governative.

La prima barriera alla digitalizzazione risiede nelle ingenti risorse finanziarie richieste per acquistare le tecnologie abilitanti. Gli investimenti necessari a trasformare una impresa in un'azienda 4.0, se non effettuati "cum grano salis", possono rivelarsi particolarmente onerosi. L'acquisto di una tecnologia porta con sé, infatti, una serie di costi nascosti, come i costi di integrazione con altri sistemi informativi, costi di apprendimento del personale, ed altri costi dovuti al cambio di approccio, che risultano difficilmente stimabili al momento dell'acquisto, in particolar modo per le PMI, le quali non sempre dispongono di competenze interne adeguate per effettuare valutazioni di tale portata. Se per le realtà più strutturate ciò non costituisce un problema, poiché possono contare su una grande disponibilità di risorse finanziarie e di competenze interne e hanno la possibilità di diversificare i rischi, quando si parla di piccole imprese le cose sono più complicate: tante variabili da considerare, legate al fatto che questo paradigma tecnologico non ha una tecnologia o un processo di riferimento ma una moltitudine. Tale situazione non fa che aumentare l'incertezza e il rischio finanziario connessi all'investimento. Il timore che l'investimento non produca gli effetti sperati fa sì che le PMI siano restie ad effettuare investimenti in innovazione, venendo così condannate a una situazione di stallo [123]. L'investimento può quindi rappresentare una voce relativamente significativa se confrontata con altri parametri economici della PMI, e ciò porta a una certa cautela prima di fare un passo, o più passi, in avanti per intraprendere un percorso di trasformazione.

Il limite sulle risorse finanziarie è sicuramente un fattore importante per il potenziale di cambiamento verso la digitalizzazione delle PMI. Le PMI italiane sono arrivate di fronte all'emergenza Covid-19 dopo un decennio caratterizzato da una ripresa lenta e incompiuta. Secondo il Rapporto Cerved 2020 "i ricavi delle PMI sono tornati oltre i livelli del 2007 (+2%), ma la redditività è rimasta ampiamente al di sotto: le PMI hanno perso il 19,4% del Mol e il ROE si è ridotto dal 13,9% del 2007 al 10,8% del 2019" [124]. La lunga crisi finanziaria ha causato un significativo inasprimento delle condizioni di accesso al credito per le PMI, il quale ha influito sulla loro capacità di effettuare investimenti. Le PMI sono infatti considerate dagli intermediari bancari più rischiose rispetto alle grandi imprese e, di conseguenza, vengono applicati loro tassi di interesse più elevati sui finanziamenti concessi o, addirittura, si evita di concedere credito a questa tipologia di imprese. Per far fronte all'inasprimento delle condizioni di accesso al credito,

le PMI sono corse ai ripari innescando un processo di selezione e ristrutturazione che le ha rese più solide dal punto di vista patrimoniale e finanziario e che le ha portate a prediligere le risorse interne per finanziare gli investimenti. Risorse che però non sono sufficienti a coprire la portata delle spese richieste per implementare progetti 4.0. Di conseguenza le PMI italiane si sono trovate nella condizione di dover contrarre o interrompere le attività di investimento [125].

Un'altra barriera che rallenta, e spesso impedisce, la trasformazione in chiave digitale delle PMI è quella di carattere culturale. Senza una cultura aziendale aperta all'innovazione è impossibile intraprendere qualsiasi percorso di trasformazione digitale. L'apertura dell'imprenditore all'innovazione rappresenta una condizione abilitante estremamente importante per aprire alla trasformazione, ma può anche diventare una barriera non indifferente quando vi è un'attitudine conservatrice da parte della proprietà che genera all'interno dell'azienda un clima sfavorevole per la trasformazione. La mancanza di una visione strategica determina il fenomeno cosiddetto di *miopia strategica*, ossia problemi dei vertici aziendali nel definire una strategia per guidare il processo di ricerca, sviluppo ed innovazione attraverso l'identificazione delle necessità dell'impresa e la focalizzazione su obiettivi a medio e lungo termine. Questo tipo di condizione diventa vincolante e pone un freno al processo di trasformazione digitale delle PMI, anche quando i responsabili e i dipendenti siano a favore di un'apertura dell'azienda all'innovazione digitale. Inoltre, è stato riscontrato che nelle PMI il singolo (direttore, responsabile, operatore) funge spesso da accentratore della conoscenza delle attività e dei processi che gestisce o esegue, rendendo di conseguenza il sistema subordinato al singolo individuo. L'azienda e il know how in essa presente si trova così esposta a potenziali rischi di perdita di conoscenza ed esperienza. Un ulteriore vincolo di carattere culturale è costituito anche dall'atteggiamento dei dipendenti nei confronti delle innovazioni, i quali spesso non accettano le nuove tecnologie e processi lavorativi perché viste come una minaccia per la loro posizione lavorativa. È stato inoltre riscontrato come la volontà di intraprendere un percorso di innovazione non possa prescindere dalla capacità dell'impresa di internalizzare le conoscenze apprese confrontandosi con degli attori esterni (università, centri di competenza, partner aziendali). Vi è però una diffusa avversione nelle PMI a realizzare collaborazioni di stampo innovativo con dei partner

esterni e la preferenza ad operare in autonomia, perché c'è il timore che condividendo la conoscenza con altre aziende si possa perdere una parte di profittabilità [126].

Particolarmente vincolanti sono, inoltre, le barriere legate alle competenze e risorse interne alle PMI. Numerose imprese lamentano una carenza di competenze digitali, esperienza nel project management, necessarie per gestire e implementare le trasformazioni tecnologiche richieste dal paradigma Industry 4.0. Spesso mancano alcune figure professionali e operai qualificati utili per sfruttare al meglio le potenzialità delle tecnologie 4.0. Tale situazione è legata da un lato ai ridotti investimenti in formazione del personale per incoraggiare lo sviluppo di una cultura digitale, a causa della propensione delle PMI a contenere i costi, dall'altro alla concreta difficoltà di attrazione di talenti da parte delle PMI, rispetto a quanto può offrire una grande impresa [127].

Abbiamo poi barriere di natura legale. Le PMI che hanno intrapreso un percorso di trasformazione digitale in ottica 4.0 lamentano difficoltà nell' essere conformi alla normativa sulla privacy, un ostacolo che soffrono molto di più delle grandi imprese, le quali riescono a far fronte con consulenze specializzate. La sicurezza dei dati, con l'estendersi dei confini dell'impresa, diventa un problema col quale necessariamente confrontarsi. Infatti, secondo l'Osservatorio Industria 4.0, un terzo delle PMI ha subito, nel corso della sua storia, almeno un attacco informatico. Tali attacchi consistono principalmente nelle interruzioni di servizio e in minacce relative a *cryptolocker*, ossia trojan che cripta i dati dell'impresa e li decripta dietro pagamento. L'Osservatorio ha rilevato che una causa importante dei cyber attacchi è rappresentata da distrazioni, comportamenti sbagliati e inconsapevoli dei dipendenti dell'impresa stessa. E nonostante il fattore umano venga considerato una minaccia di rilievo (63% del campione), meno di una PMI su due svolge corsi di formazione. Ciò non fa che rimarcare l'importanza della formazione e lo sviluppo di competenze per la gestione della trasformazione digitale. Infine, le polizze assicurative contro i rischi di cyber attacco, largamente utilizzate dalle grandi imprese, sono uno strumento poco conosciuto nelle realtà più piccole. Il Regolamento europeo in materia di protezione dei dati (GDPR) ha spinto circa il 70% delle PMI a realizzare progetti di adeguamento alla normativa e circa quattro PMI su dieci hanno già attuato degli investimenti in cybersecurity. Pertanto, il driver normativo si conferma l'unico responsabile delle scelte delle PMI in ambito di sicurezza informatica, mentre vi è una percezione scarsa dell'impatto strategico di una buona gestione della

cybersecurity. Manca quindi un quadro giuridico ben definito ed è necessario sviluppare, su tale fronte, standard di crittografia e modelli di sicurezza adeguati. Inoltre, è fondamentale introdurre specifiche figure preposte alla sicurezza e all'integrità delle informazioni che vengono scambiate all'interno e all'esterno dell'azienda. Tra queste rientra il CISO, Chief Information Security Officer, la figura preposta alla definizione della strategia di protezione degli asset aziendali e di tutte le iniziative atte a mitigare i possibili rischi informatici. Tuttavia, sempre secondo l'Osservatorio, solo una PMI su sette dichiara di avere individuato in modo esplicito tale figura al proprio interno. Quelle che lo hanno individuato hanno ottenuto significativi incrementi nella disponibilità di strumenti per affrontare le minacce informatiche [128].

Inoltre, non si possono non menzionare le barriere tecnico-operative. Fasi e singole attività di cui si compone un processo risultano spesso poco definite, monitorate e analizzate, con conseguenti perdite in termini di efficienza. Tale situazione è da imputare all'immaturità tecnologica delle PMI, che ancora oggi utilizzano macchinari obsoleti e dispongono di infrastrutture IT deboli. Un'ulteriore barriera di tipo tecnico è la mancanza di standard, fondamentali per accelerare l'implementazione di soluzioni 4.0. Un altro problema, sempre legato all'assenza di standard, è la mancanza di interoperabilità e compatibilità tra macchinari e infrastrutture all'interno e all'esterno dell'impresa. Ciò si traduce nell'assenza di sistemi *plug and play*, ossia sistemi produttivi in grado di riconoscere in modo automatico un componente nuovo o modificato e di integrarlo correttamente all'interno del processo, senza sforzi manuali o cambiamenti di progettazione del sistema produttivo. Tale situazione non fa che creare incertezza sulla realizzabilità dei progetti di digitalizzazione delle PMI [129].

Discorso a parte meritano invece le barriere legate all'inefficacia delle misure adottate dal governo per favorire la transizione verso Industria 4.0 delle PMI. Non c'è dubbio che il governo sia un attore essenziale in questo percorso di trasformazione: se Industria 4.0 non si inserisce all'interno di una cornice pubblica, caratterizzata da obiettivi, norme e incentivi, che sia coerente e favorevole, è difficile pensare che le PMI intraprendano autonomamente un percorso di digitalizzazione secondo traiettorie coerenti e nei tempi necessari. Il supporto da parte delle istituzioni viene però percepito come inadeguato dalle PMI. La complessità burocratica e l'incertezza sulla continuità nel tempo delle misure hanno portato alla rinuncia a richiedere le agevolazioni previste. Inoltre, molte PMI non

sono a conoscenza degli incentivi a disposizione. Ciò significa che qualcosa non ha funzionato nel Piano Impresa 4.0, dal momento che la percentuale di PMI che ad oggi hanno un grado di maturità digitale elevato è molto bassa. Il governo ha adottato un sistema di incentivi rigorosamente orizzontali e un approccio di rigorosa neutralità tecnologica, senza concrete priorità progettuali. Tali scelte sono state assunte proprio quali condizioni di fattibilità del Piano Impresa 4.0. Queste caratteristiche, tuttavia, se nel caso delle grandi imprese, forti della disponibilità di ingenti risorse finanziarie e di competenze digitali di alto livello, hanno funzionato, nel caso delle PMI hanno rappresentato un limite, data l'incapacità della maggior parte di queste imprese di avere una visione strategica e di definire chiari obiettivi di medio e lungo termine. Inoltre, un aspetto critico del Piano sta nella sua complessa struttura di governance, tra cabina di regia e la rete costituita da Competence Center e Digital Innovation Hubs. Come visto nel capitolo precedente, nel 2017 i Competence Center richiedevano ancora, da parte del governo, una elaborazione progettuale ed una spiegazione dettagliata del funzionamento, che è stata rinviata al 2018, con l'individuazione di otto Competence Center selezionati con un bando dal MISE. A dicembre 2018 si è conclusa la fase di negoziazione, che ha portato alla definizione delle proposte progettuali, mentre solo a partire dall'aprile del 2019, grazie alle prime erogazioni dei finanziamenti da parte del Mise (73 milioni di euro invece dei 100 milioni stimati), i Competence Center sono riusciti a dare un concreto avvio alla realizzazione dei progetti. Pertanto, le PMI si sono trovate per ben due anni senza un punto di riferimento che le sensibilizzasse sulle opportunità connesse all'applicazione di tecnologie 4.0, offrendo loro la possibilità di testare e sperimentare in loco le tecnologie e supportandole nella attività di pianificazione degli investimenti. Di conseguenza, gli unici soggetti ai quali potersi affidare sono stati i commercialisti. Come risultato l'incentivo, più che nel contesto di una strategia, è stato considerato in termini opportunistici, facendo prevalere considerazioni di risparmio fiscale. Tempi e modi dell'adozione sono stati guidati più da opportunità fiscali, che non da una strategia aziendale. Gli incentivi dovrebbero svolgere invece la funzione opposta, ossia di abilitazione o facilitazione di una strategia. Non sorprende quindi che la misura del Superammortamento abbia rappresentato l'incentivo di maggior popolarità presso le Piccole e Medie Imprese, come peraltro è logico data la semplicità e l'immediatezza della misura: non è necessario accedere a bandi, ma una volta acquistato il bene nei tempi e nei

modi previsti la società può semplicemente iscrivere la maggiorazione di ammortamento in modo autonomo, in fase di redazione del bilancio. La misura è stata utilizzata per coprire ben il 66,7 per cento degli investimenti effettuati dalle PMI. Tuttavia, tale misura, come spiegato nel secondo capitolo, non è direttamente rivolta all'acquisto di tecnologie 4.0, ma semplicemente incentiva le imprese a rinnovare il proprio parco macchine, senza il bisogno di garantire quella interconnessione propria del paradigma 4.0, che viene invece richiesta dalla misura dell'Iperammortamento. Il risultato in molti casi è stato un insieme di software e tecnologie messe in comunicazione senza un progetto inziale chiaro, finalizzato esclusivamente a ricevere le agevolazioni senza troppi esborsi. Altri incentivi ritenuti centrali per la transizione verso il paradigma Industry 4.0 (Iperammortamento, credito di imposta R&S) hanno invece avuto un impatto tutto sommato marginale sulle PMI [130]. Al contrario, il Fondo di Garanzia ha rappresentato uno strumento di primaria importanza per il sistema nazionale di sostegno alle PMI, agendo in netta controtendenza rispetto al razionamento del credito operato da parte degli intermediari finanziari. Come detto precedentemente, gli istituti bancari hanno attuato, e attuano, una politica di concessione del credito restrittiva nei confronti delle PMI, ritenute più rischiose rispetto alle grandi imprese. Proprio in tale contesto, il Fondo di garanzia ha rappresentato la principale misura governativa contro il razionamento del credito alle PMI. Secondo la *Relazione sugli Interventi di Sostegno alle Attività Economiche e Produttive 2020*, redatta dal MISE, "la concessione di nuovi finanziamenti garantiti dal Fondo ha registrato un tasso di crescita dal 2008 al 2019 di circa il +815%. Il comparto Industria è rappresentativo della quota più consistente di finanziamento garantito (51,9 miliardi di euro; 51,9% del totale cumulato). A seguire, in ordine di rilevanza, il commercio (con 32,8 miliardi di euro di finanziamenti garantiti; 32,8%) e il comparto servizi (con quasi 15 miliardi di euro di finanziamenti garantiti; 14,9%)" [131].

3.4 Condizioni abilitanti e azioni per il successo di I4.0 nelle PMI

I risultati dell'analisi condotta nel precedente paragrafo mostrano come il divario tra PMI e grandi imprese nell'adozione di tecnologie 4.0 e nel rinnovamento dei processi aziendali in ottica digitale sia prima di tutto culturale. Le Piccole e Medie Imprese, nella maggior parte dei casi, non adottano determinate tecnologie perché non hanno le competenze interne per percepirne l'utilità e non ne hanno chiari gli impatti e i benefici, spesso a causa

di un atteggiamento conservatore da parte della proprietà e di una cultura aziendale poco favorevole all'innovazione. Inoltre, le PMI dispongono di limitate risorse finanziare, a differenza delle grandi imprese che possono contare su un'ampia disponibilità di risorse (economiche e umane) da stanziare in progetti Industria 4.0, con un rischio relativamente contenuto. Allo stesso tempo, vi è poca consapevolezza delle minacce che il digitale comporta e l'investimento in sicurezza informatica, ove presente, è una mera risposta alla normativa. La presenza di una strategia di lungo periodo, che coinvolga tutta l'azienda in un processo di trasformazione, rimane un'eccezione per medie e, ancor più, piccole imprese. Tale situazione è presente nonostante le PMI siano i soggetti più adatti a implementare soluzioni 4.0, data la loro elevata flessibilità organizzativa e poca complessità dei loro processi produttivi. Tali caratteristiche le rendono avvantaggiate nello sviluppare e implementare una nuova struttura IT da zero. Manca, però, un approccio sistematico per l'implementazione.

Sulla base di tali premesse e alla luce delle principali barriere individuate nel precedente paragrafo, sono state identificate le condizioni abilitanti e le azioni necessarie per garantire il successo del processo di trasformazione digitale delle PMI. È bene rimarcare che si tratta di linee guida alla trasformazione digitale e non di una soluzione unica che funziona per tutte le PMI. Infatti, quando si parla di trasformazione digitale per le PMI, ogni soluzione deve essere definita su misura della singola impresa e deve essere aderente alle sue specifiche esigenze e consistente con i vincoli finanziari della stessa. Rappresentano però delle linee guida importanti e consolidate a livello internazionale, che possono facilitare il processo di trasformazione digitale delle PMI, garantendo una transizione graduale e a basso rischio. Sono stati individuati sei ambiti in cui identificare i fattori influenti per la digitalizzazione nelle PMI. Di seguito è fornita una descrizione dettagliata degli ambiti identificati.

1. **Mind-set e formazione dell'imprenditore**: in una PMI è fondamentale la presenza di una proprietà aperta all'innovazione per poter intraprendere il percorso verso la digitalizzazione in ottica 4.0, in particolare un imprenditore che sia orientato al raggiungimento di obiettivi anche in discontinuità con le scelte fatte nel passato. Diversi casi di successo nelle PMI italiane hanno messo in evidenza che l'apertura, da parte della proprietà, ad esperienze manageriali mutuate da altri settori industriali e l'inserimento di nuovi manager con

comprovata esperienza su tematiche di innovazione e digitalizzazione di prodotto e di processo è una scelta che può stimolare lo sviluppo di una visione aziendale capace di identificare nuove opportunità di valore per la crescita. Si può quindi affermare che l'apertura dell'imprenditore all'innovazione rappresenta una garanzia per un efficace processo di trasformazione digitale. Se il mind-set si unisce poi a una solida formazione dell'imprenditore su tematiche di gestione aziendale dell'innovazione e sulle nuove tecnologie 4.0, allora il processo di trasformazione a favore della digitalizzazione è ancor più favorito [132].

2. **Pressioni dalla filiera produttiva**: la filiera industriale è un fattore determinante che, in genere, è scatenante per la trasformazione digitale. Le pressioni originate da essa sulle imprese partecipanti rappresentano una condizione abilitante, perché spingono la PMI all'innovazione, in quanto innescano l'esigenza di digitalizzarsi per essere competitivi, in linea con la trasformazione di filiera. La filiera impone, cioè, una serie di requisiti per l'innovazione dei processi o dei prodotti, facendo leva sulla digitalizzazione, ai quali la PMI deve saper rispondere. Si tratta di pressioni a cui la PMI, gioco forza, deve essere in grado di reagire con una maturazione e, quindi, con lo sviluppo di processi di trasformazione digitale che devono essere in grado di soddisfare le esigenze della filiera produttiva. Spesso, tali esigenze riguardano l'efficienza di costo dei processi, la qualità o il tempo di consegna. Su questo fronte, fondamentale è il ruolo giocato dalle grandi imprese, capofila di filiera, per spingere le PMI verso la trasformazione digitale [133].
3. **Consulenza esterna**: spesso ricorrere a competenze esterne che possano guidare l'adozione di tecnologie innovative e la trasformazione organizzativa e di processi aziendali può essere un fattore chiave per il cambiamento. In numerosi casi di successo è emerso che la presenza di relazioni di lungo termine con consulenti e partner aziendali sia la chiave per intraprendere un percorso sostenibile nel tempo verso la digitalizzazione dell'impresa. Tali partner sono in grado di mitigare, grazie a competenze e risorse proprie, gli ostacoli che le PMI incontrano nell'identificazione e l'implementazione delle tecnologie, e di fornire vere e proprie consulenze sulla trasformazione dei processi e dell'organizzazione attraverso la digitalizzazione. Grazia alla consulenza esterna è garantita alla PMI

continuità e flessibilità di sviluppo, nell'ottica di un percorso graduale a misura delle capacità aziendali [134].

4. **Competenze ed esperienze digitali in azienda**: il capitale umano è fondamentale per la trasformazione digitale, sia a livello manageriale sia a livello del personale tecnico-operativo. Sostenere solo l'offerta di soluzioni tecnologiche 4.0 esporrebbe le imprese al rischio di non possedere le competenze in grado di assorbire le innovazioni tecnologiche nel frattempo sviluppate, e quindi di non essere in grado di ripagare gli sforzi finanziari necessari alla loro realizzazione. Pertanto, il cambiamento è fatto anche di innovazioni che interessano l'organizzazione aziendale. Per affrontare e gestire il cambiamento occorre costruire competenze digitali, il cui sviluppo è un processo graduale. L'inserimento di manager provenienti da settori industriali diversi è un catalizzatore importante per generare nuove idee nel business dell'azienda. Inoltre, esperienze di digitalizzazione già vissute sono un importante bagaglio di conoscenza per stimolare e sostenere la trasformazione digitale. Lo sviluppo, nell'organico del personale tecnico-operativo, di competenze e attitudini orientate proattivamente alla digitalizzazione, è fondamentale per poter dialogare con i fornitori di tecnologie abilitanti e, allo stesso tempo, permettere il cambiamento dei processi supportato dalle nuove tecnologie portate in azienda [135].
5. **Approccio partecipativo al processo di trasformazione**: la diffusione di principi e di paradigmi di gestione attraverso un approccio aperto e partecipativo all'innovazione di processo e di prodotto sono fondamentali per creare le condizioni organizzative per cogliere al meglio le potenzialità offerte dalla digitalizzazione. Numerosi casi di successo dimostrano che l'approccio partecipativo rappresenta un elemento chiave ai fini della trasformazione digitale, poiché in grado di catalizzare competenze provenienti da diverse funzioni aziendali. La digitalizzazione richiede infatti un buon mix di più competenze disciplinari per poter cogliere i diversi aspetti che la trasformazione implica. A tal fine è necessario costituire team inter-funzionali nel progetto di digitalizzazione e organizzare riunioni periodiche con l'obiettivo di coordinamento tra le funzioni aziendali. Viene inoltre rimarcata l'importanza di far partecipare gli operatori nel processo innovativo e nelle diverse fasi di adozione di nuove tecnologie perché,

così facendo, il cambiamento è gestito a tutti i livelli, mitigando gli impatti di coloro che trovano nella tecnologia un ostacolo. Così facendo è possibile accelerare in modo significativo i tempi di realizzazione della transizione verso il paradigma Industry 4.0 [136].

6. **Approccio sistematico**: quando si parla di Industry 4.0 non si può dare spazio all'improvvisazione. La trasformazione non avviene dall'oggi al domani, ma deve essere vista come un processo di miglioramento continuo. È essenziale disporre di una roadmap programmatica, con progettualità chiara, che sia progressiva, sia per le risorse finanziarie sia per le risorse umane di cui è in possesso l'organizzazione aziendale. È necessario l'impiego di strumenti semplici che garantiscano misure mirate per poter portare avanti il processo di innovazione. Inoltre, è buona norma indirizzare gli sforzi per concretizzare anche benefici di breve termine, in modo tale da convincere la proprietà e i vari livelli aziendali delle opportunità offerte dalla trasformazione digitale attraverso risultati percepiti in modo tangibile in azienda. L'obiettivo non deve essere quello di digitalizzare l'intera azienda a tutti i costi, ma gli interventi devono partire dalle aree che maggiormente possono beneficiare di una tale trasformazione. Esiste un percorso di riferimento consolidato a livello internazionale per l'implementazione efficace delle soluzioni proposte da Industry 4.0 nelle PMI. Tale approccio prevede quattro step, riportati nella seguente figura.

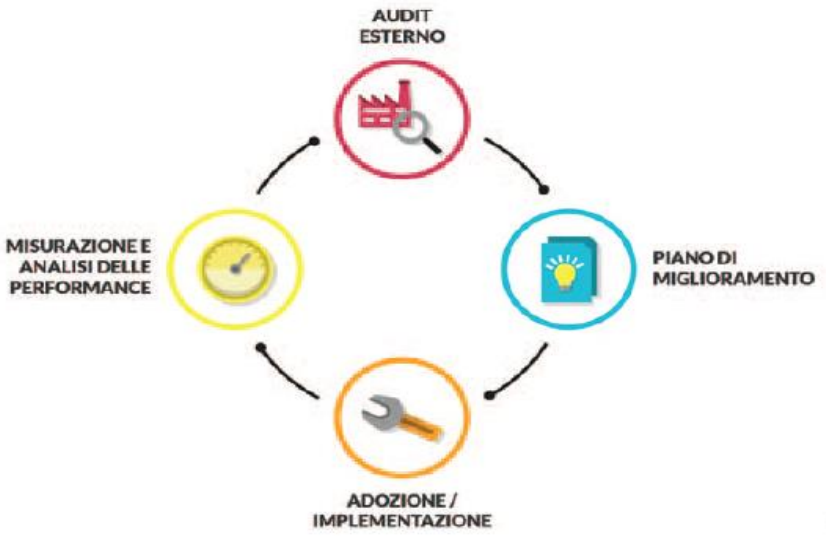

Figura 15: Percorso di riferimento per l'implementazione di Industria 4.0 (fonte: «*Industria 4.0 senza slogan*», Fondazione Giacomo Brodolini, 2017)

Il primo step consiste in un audit volto ad analizzare le tecnologie che sono già impiegate dall'azienda e a valutare quali tecnologie abilitanti siano necessarie per iniziare il percorso di trasformazione 4.0. Le imprese si avvalgono in questa fase dell'esperienza di università, centri di ricerca e partner aziendali, che possono supportarle nella scelta delle soluzioni più idonee. Il secondo step prevede, una volta introdotte le tecnologie individuate nel primo step, la redazione di piani di miglioramento sulla base degli scostamenti misurati rispetto alla situazione iniziale. Tali piani sono affiancati da analisi economico-finanziarie sugli investimenti richiesti per implementarli. Se l'investimento viene approvato dal top management si può passare al terzo step, ossia l'implementazione del piano di miglioramento. La quarta ed ultima fase prevede la misura e l'analisi delle performance, dopo che sono state introdotte le modifiche previste dal piano di miglioramento. In questo modo l'azienda potrà scegliere dove indirizzare i propri sforzi sulla base di ciò che viene misurato, piuttosto che seguire trend di mercato che spesso si rivelano poco aderenti al contesto aziendale. Il percorso è ciclico perché spesso le imprese, soprattutto le PMI, preferiscono introdurre una tecnologia alla volta e valutarne l'effettiva efficacia prima di ricorrere alla tecnologia successiva, al fine di non esporsi a rischi elevati [137].

Ricapitolando, il processo di digitalizzazione di una PMI ha avvio perché è scatenato da una mentalità aperta all'innovazione da parte dell'imprenditore, il quale ritiene che la digitalizzazione possa rappresentare un importante elemento di competitività per l'impresa. Anche le pressioni di business della filiera produttiva rappresentano una condizione abilitante di avvio, poiché innescano nelle PMI l'esigenza di digitalizzarsi per essere in linea con la trasformazione di filiera. Per garantire la sostenibilità a lungo termine e permettere alla trasformazione di progredire in modo graduale, a misura delle capacità dell'azienda, sono inoltre necessari diversi fattori legati all'organizzazione e alle risorse umane: competenze ed esperienze digitali sia a livello di management, sia a livello tecnico-operativo; approccio partecipato al processo di innovazione da parte di operatori in diverse funzioni aziendali; formazione a più livelli; esistenza di relazioni con partner e consulenti esterni. Il tutto portato avanti attraverso un approccio sistematico ben definito.

3.4.1 Interventi governativi auspicabili per i futuri Piani 4.0

Nell'analisi delle barriere alla digitalizzazione delle PMI è stato sottolineato il ruolo centrale ricoperto dal governo nel favorire la transizione delle PMI verso il paradigma Industry 4.0 e le lacune del Piano Impresa 4.0 che hanno ostacolato tale trasformazione. Il seguente paragrafo si propone di individuare alcune soluzioni che potrebbero migliorare il Piano e accelerare il processo di trasformazione delle PMI. Su questo fronte, il primo aspetto sul quale soffermarsi è la mancanza di continuità nelle politiche industriali adottate da un governo da parte dei governi successivi, i quali spesso abbandono una policy o la trasformano, rendendo così impossibile il raggiungimento di qualsiasi risultato. Non a caso l'incertezza sulla continuità nel tempo delle misure ha portato molte PMI alla rinuncia a richiedere le agevolazioni previste. Industry 4.0 è infatti un investimento e, come per ogni investimento, tempo e tempismo sono un aspetto cruciale per il successo dello stesso. Spesso però i tempi della politica non sono quelli dell'industria. Pertanto, occorre adottare politiche industriali di lungo periodo che non risentano dei tempi di vita spesso troppo brevi delle legislature e che non abbiano alcun colore politico, adattandole e via via riempiendole di contenuto. Dunque, il primo e fondamentale compito dei governi è quello di dare continuità al Piano, in modo tale da permettere alle PMI di affrontare con maggiore serenità investimenti di medio e lungo termine previsti da Industria 4.0.

Per quanto riguarda gli strumenti del Piano, come detto precedentemente il governo ha adottato un sistema di incentivi rigorosamente orizzontali e un approccio di neutralità tecnologica, senza concrete priorità progettuali. È bene ribadire che nel suo complesso tale impostazione ha avuto un impatto positivo sul tessuto industriale italiano. Vi è però la necessità di una sua evoluzione adattativa e più inclusiva. Sarebbe ideale definire delle priorità che indirizzino le PMI verso logiche di investimento non più opportunistiche e legate al beneficio fiscale, come avvenuto in questi anni, bensì strategiche e di lungo periodo, da promuovere in modo differenziato in base ai settori più strategici per il Paese. Inoltre, molte PMI non sono a conoscenza delle principali misure di incentivo, a causa di numero elevato di norme che rendono difficile identificare con esattezza le misure che sono parte del Piano. Sarebbe ideale, dunque, sistemare e razionalizzare tali norme, secondo criteri funzionali. Le risorse disponibili dovranno essere spostate via via su piani strategici superiori secondo una traiettoria di evoluzione tecnologica e strategica: ad

esempio passando dalle macchine (Superammortamento) alle macchine connesse (Iperammortamento), e poi da queste ai beni immateriali. Anche sulla burocrazia è fondamentale intervenire, rendendo più snelle le procedure di richiesta degli incentivi e più rapidi i tempi di fruizione dei finanziamenti.

Se quello che precede è il quadro degli strumenti, resta da proporre alcune soluzioni riguardanti l'altro asso portante del Piano, ossia quello della governance. La creazione di un organo indipendente dall'alternarsi di ministri e personalità potrebbe rappresentare una migliore garanzia di continuità e operatività. Occorre, inoltre, prevedere una presenza diretta di rappresentanti di grandi imprese nella governance, non solo di enti rappresentativi intermedi, favorendo così un approccio di tipo bottom-up, che permetta di definire meglio le priorità del Piano e di dare maggior ruolo alla partnership pubblico-privata, una strategia molto più allineata a simili iniziative esistenti in Europa [138]. Infatti, in Germania la realizzazione del piano *Industrie 4.0* è stata affidata principalmente alla cooperazione tra governo, Länder, grandi imprese e istituti di ricerca qualificati. Il piano prevede finanziamenti pubblici e privati che diminuiscono all'aumentare delle dimensioni delle aziende beneficiarie. Grandi imprese hanno guidato le iniziative insieme al governo tedesco nei confronti delle PMI, le quali, come in Italia, incidono in modo significativo sul PIL tedesco. In Italia, invece, le grandi imprese non sono state motore della trasformazione 4.0. Le realtà produttive in Germania hanno promosso piccole reti che, oltre a offrire tecnologie alle PMI, offrono una piattaforma di condivisione per il loro migliore utilizzo. Anche in Francia il Piano *Industrie du Futur* ha previsto un comitato in larga parte costituito da attori privati (aziende) e da alcuni attori pubblici. È importante sottolineare che questa componente privata non è limitata alle sole aziende francesi, ma è costituita anche da multinazionali estere: Accenture, Atos, HP, Orange, STMicroelectronics. Si tratta quindi di sistemi di effettiva cooperazione tra Stato e Impresa [139].

Infine, per permettere alle PMI di accelerare il processo di trasformazione digitale e recuperare il ritardo accumulato in questi anni, è fondamentale promuovere le figure dei Competence Center e dei Digital Innovation Hub, al fine di creare un vero e proprio ecosistema volto a favorire l'innovazione connessa al digitale. Senza il supporto di tali soggetti le PMI non saranno mai in grado di svincolarsi da una logica puramente opportunistica verso Industria 4.0. I Competence Center e DIH hanno infatti la funzione

di sensibilizzare le PMI sulle opportunità connesse all'applicazione delle tecnologie abilitanti, offrendo loro la possibilità di testarle e sperimentarle e supportandole nell'attività di pianificazione degli investimenti, in modo tale che gli incentivi siano considerati nel contesto di una strategia, piuttosto che far prevalere considerazioni di risparmio fiscale. Occorre ragionare su un nuovo approccio che metta al centro i territori e le loro specificità, creando le condizioni affinché le PMI che più soffrono il ritardo tecnologico possano recuperare lo svantaggio accumulato negli anni. Su tale fronte, esempi virtuosi si trovano in alcuni Paesi Ue ed extra-UE. In Gran Bretagna, ad esempio, lo Stato si è attivato supportando la creazione di un'ampia rete di poli specializzati sparsi in tutto il territorio nazionale, denominati *Catapults Center*, che, forti della collaborazione tra il settore pubblico e quello privato, sostengono la realizzazione di progetti innovativi non solo attraverso incentivi, ma anche assorbendo il rischio e le incertezze nelle fasi più critiche per le imprese, soprattutto quelle di piccole dimensioni, che possono riguardare il reperimento di strutture di accompagnamento, apparecchiature digitali e tecnologie abilitanti per testare e dimostrare un progetto pilota. Nei Paesi Bassi sono invece presenti i *Field Lab*, che rappresentano veri e propri facilitatori del cambiamento. Si tratta di "laboratori o hub che forniscono strutture di accompagnamento, apparecchiature digitali e tecnologie abilitanti a favore delle imprese che vogliono testare e dimostrare un progetto innovativo ma non hanno facile accesso a impianti di processo o di produzione industriale di larga scala per farlo". In Germania sorgono invece prestigiosi centri di ricerca, come i *Fraunhofer Institutes*, sparsi in ogni Länder. Si tratta di "unità speciali di analisi o di ricerca in un determinato campo, in cooperazione e non in concorrenza. Ciascuno di essi si rivolge alle PMI e agli stakeholder del proprio territorio offrendo servizi specifici rispetto alla specializzazione produttiva del Länder e al grado di maturità digitale delle imprese. Per il 40% questi centri vivono di fondi pubblici e per il 60% di fondi privati" [140].

Capitolo 4

Il futuro di Industria 4.0

4.1 Impatto del Covid-19 su Industria 4.0

Il 2020 è stato un anno senza precedenti. La Pandemia di Covid-19 ha avuto effetti devastanti, non solo da un punto di vista sociale e sanitario ma anche da un punto di vista economico. La crisi sanitaria ha messo a dura prova le imprese di tutto il mondo, compromettendone la continuità operativa quotidiana e stravolgendone i piani strategici di breve e medio periodo. Numerose sono state le difficoltà fronteggiate: il crollo della domanda, l'indisponibilità di materie prime, semilavorati e prodotti finiti a causa del blocco forzato di numerose filiere, i fermi macchina, l'impossibilità di disporre di personale in presenza, la variazione delle abitudini di acquisto dei consumatori, che ha messo in crisi tutti i modelli di previsione della domanda esistenti. Di conseguenza la maggior parte delle imprese ha subito un rallentamento dell'operatività aziendale e una significativa contrazione del fatturato. Tra le economie dei Paesi Europei quella italiana è stata la più colpita dalla Pandemia. Nel 2020, infatti, il PIL italiano ha subito una contrazione dell'8,9%, a fronte di una contrazione media europea del 6,2%. Le imprese manifatturiere italiane hanno registrato, in media, una contrazione del fatturato dell'11,5% e un calo delle esportazioni dell'8,9% [141]. La produzione ha subito una contrazione in media di oltre il 40%, con forti differenze a livello settoriale. Il calo più significativo lo ha subito il comparto del tessile, dell'abbigliamento e di pelli. Particolarmente colpito è stato anche il settore *automotive*, che ha visto calare le immatricolazioni di addirittura l'85% rispetto al 2019 [142]. L'incertezza legata all'andamento della Pandemia ha quindi determinato una battuta d'arresto non indifferente per la competitività delle imprese italiane, influenzandone i modelli di business, i modelli organizzativi e le priorità di investimento.

È proprio in questo scenario di incertezza che le tecnologie digitali hanno rappresentato un'ancora di salvezza per le imprese, dimostrandosi essenziali per la loro sopravvivenza e garantendo la continuità operativa degli impianti produttivi e delle filiere logistiche.

Mai come in questo momento di crisi sanitaria le tecnologie 4.0 hanno giocato un ruolo fondamentale per garantire un'efficace risposta alle sfide poste dalla Pandemia e far fronte alle esigenze di maggiore flessibilità e resilienza dei processi aziendali che il contesto richiede. Sulla base di una indagine condotta da Deloitte su un campione di 850 aziende manifatturiere su scala mondiale, al di là del temporaneo e comprensibile freno agli investimenti, secondo gli intervistati il Covid-19 ha rappresentato un acceleratore della trasformazione digitale. L'impatto della crisi sanitaria sui conti economici non ha fermato l'interesse delle imprese verso le soluzioni di Industria 4.0. Durante la Pandemia, infatti, il 63% del campione non solo non ha bloccato il proseguimento di progetti 4.0 ma li ha addirittura accelerati, dedicando in media più di un terzo del proprio budget, consapevoli dell'importanza strategica di Industria 4.0. Le imprese che avevano investito nelle tecnologie digitali in precedenza, riuscendo con successo a realizzare la transizione verso il Paradigma Industry 4.0, ne hanno tratto grande beneficio, mentre quelle che si trovavano in ritardo rispetto alla trasformazione digitale hanno incontrato grandi difficoltà nel garantire continuità operativa al proprio business. Tuttavia, il contesto emergenziale ha reso queste aziende più consapevoli dell'importanza del digitale come condizione imprescindibile per poter sopravvivere e competere una volta che si tornerà alla normalità [143].

Diverse sono le aree dove le tecnologie 4.0 hanno permesso alle aziende di affrontare la nuova normalità. Un primo esempio è l'applicazione delle tecnologie IoT per garantire il mantenimento delle distanze minime di sicurezza tra gli operatori all'interno delle fabbriche e per tracciare e monitorare gli spostamenti in caso di positività al virus di alcuni dipendenti. Una soluzione è stata data combinando IoT e tecnologie indossabili, che hanno permesso di fornire agli operatori dei dispositivi, ad esempio un bracciale, dotati di localizzatori e sensori in grado di misurare la distanza da altri dispositivi e di inviare allarmi in caso di superamento dei limiti imposti. IoT ai tempi del Covid-19 vuol dire anche sviluppo di nuovi modelli di business, attraverso un processo di *servitizzazione* con il quale le imprese pongono davanti a tutto il servizio. Si è assistito a un passaggio verso il modello *pay-per-use*. Molte aziende, infatti, per venire incontro alle difficoltà finanziare dei clienti, hanno iniziato a far pagare i propri macchinari sulla base dell'effettivo utilizzo e non più sulla base di un canone predefinito, grazie appunto all'impiego di sensori IoT in grado di monitorare l'effettivo utilizzo del macchinario,

sulla base del quale il canone si aggiorna. Grazie ai dati raccolti dai dispositivi IoT è stato inoltre possibile monitorare il comportamento del consumatore e offrire servizi personalizzati, abilitando i cosiddetti "Prodotti Intelligenti", in grado di memorizzare dati, comunicare e interagire in tempo reale all'interno dell'ecosistema in cui sono impiegati e di fornire importanti informazioni sulle abitudini dei consumatori che possono poi essere utilizzate nella fase di progettazione [144].

La necessità di sanificare gli ambienti di lavoro ha inoltre dato una spinta al comparto della robotica, mettendo a disposizione delle aziende sistemi AGV dotati di lampade ultraviolette in grado di sanificare gli ambienti in modo sicuro e automatico.

Un altro esempio di applicazione di tecnologie 4.0 per far fronte alla crisi sanitaria riguarda gli strumenti di simulazione, ora più che mai necessari per rispondere a situazioni di grande incertezza. Su questo fronte ha assunto particolare rilevanza durante la Pandemia il concetto di *Digital Twin*, ossia la rappresentazione virtuale di un sistema produttivo o di una supply chain, in grado di simulare gli scenari più disparati grazie ai dati acquisiti dai dispositivi IoT connessi, modelli matematici ed elaborazioni in tempo reale, senza la necessità di intervenire sul sistema reale. Tali strumenti hanno rappresentato un importante supporto alle decisioni delle aziende in un contesto di elevata incertezza come quello della crisi sanitaria.

L'inizio del lockdown ha visto anche una crescita esponenziale degli strumenti di Smart Working nelle aziende, i quali hanno assicurato continuità in tutte le attività ordinarie e non ordinarie. Grazie all'introduzione di strumenti come MS Teams, Zoom, Cisco Webex, sono state gestite da remoto riunioni sia interne sia con attori esterni all'organizzazione, attività operative e di progettazione, trattative commerciali, revisioni e collaudi di avanzamento lavoro.

Fondamentali in questa fase di emergenza sono stati i Sistemi Cyberfisici (CPS), colonna portante del Paradigma Industry 4.0, che hanno consentito alle aziende di raccogliere un numero elevato di dati e condividerli su piattaforme in Cloud, al fine di effettuare elaborazioni dati, analisi e ottimizzazione delle performance, generando in modo automatico azioni sul campo e superando così l'idea che si debba essere necessariamente sul posto per prendere decisioni e attuarle. Grazie ai CPS le aziende hanno potuto migliorare la gestione delle risorse disponibili e minimizzare i tempi di intervento e di

fermo macchina, garantendo il funzionamento continuo degli impianti senza la necessità di un controllo in presenza.

La Realtà Aumentata ha permesso di superare i limiti fisici emersi con la crisi sanitaria: gli operatori che indossano degli smart glass sono in grado di avviare una videochiamata con un tecnico collegato da remoto in grado di supportarlo nella risoluzione di un determinato problema operativo. Un altro ambito dove queste tecnologie si sono rilevate utili è quello della rilevazione della temperatura corporea, realizzata mediante scanner che, tramite visori con sensori integrati, sono in grado di rilevare in tempo reale e a distanza di sicurezza la temperatura corporea dei soggetti in movimento all'interno di un determinato ambiente [145].

Anche i Big Data, combinati con l'Intelligenza Artificiale, sono stati fondamentali durante il periodo emergenziale. Integrare diverse fonti dati per riuscire ad estrarre valore da dati non strutturati ha permesso alle aziende di rispondere in maniera più proattiva, efficiente e tempestiva alle problematiche poste dalla Pandemia. I Big Data Analytics hanno permesso di stimare in maniera preventiva l'impatto di un disastro permettendo così alle aziende di farsi trovare pronte e minimizzare i rischi di una interruzione della continuità operativa. Emblematico è il caso di BlueDot, una piattaforma che è riuscita a prevedere le aree di diffusione del virus nell'area Asiatica. Ci è riuscita andando ad applicare algoritmi di Machine learning su fonti dati differenti, utilizzando dati clinici, dati provenienti dal traffico aereo e analisi economiche dei diversi territori [146].

Non si può non menzionare l'apporto fornito dalle tecnologie digitali alla logistica, colonna portante del funzionamento di tutte le filiere merceologiche. Numerose sono state le sfide affrontate dagli operatori logistici: domanda molto variabile e imprevedibile, bassa capacità produttiva degli impianti a causa della ridotta presenza di operatori, una minor produttività all'interno dei magazzini per le norme di distanziamento sociale, congestione o chiusura di alcuni magazzini per il carico e lo scarico di merci perché all'interno di zone rosse, difficoltà di approvvigionamento di materie prime, semilavorati e prodotti finiti a causa del blocco forzato delle catene globali del valore, difficoltà nell'ottimizzazione del carico data dall'impossibilità per gli autotrasportatori di effettuare un trasporto pieno sia all'andata che al ritorno. Nonostante tutto la logistica ha mostrato capacità di prendere le decisioni in maniera reattiva. Grazie all'uso di tecnologie 4.0 e ad un approccio collaborativo tra i vari attori della supply chain, le anomalie sono state

gestite tempestivamente, condividendo in tempo reale le informazioni. Si è assistito ad una collaborazione sia di tipo orizzontale, anche tra aziende competitor, sia di tipo verticale, attraverso un dialogo molto aperto e trasparente tra fornitori, clienti e fornitori di servizi logistici. Le aziende hanno cercato di rispondere ai picchi di domanda tentando di allineare la propria capacità produttiva alla domanda. Ciò è stato fatto andando ad aumentare la visibilità sui nodi della filiera e riconfigurando i sistemi produttivi o riconvertendo le linee. Software di collaborazione e control towers hanno permesso agli attori delle supply chain di condividere i dati di vendita e le capacità produttive disponibili, o di gestire in modo congiunto le scorte, evitando così l'out of stock, uno dei fenomeni più diffusi durante la Pandemia [147]

Come precedentemente detto, in questo particolare periodo l'attenzione di molte aziende si è focalizzata sulla continuità operativa. Su questo fronte il Cloud ha rappresentato un ottimo alleato per rispondere, in maniera rapida ed efficace, al contesto incerto che le aziende si sono trovate ad affrontare. Le caratteristiche del Cloud che lo rendono fondamentale in questo momento sono: flessibilità, scalabilità e accesso obliquo. Quest'ultima caratteristica è molto rilevante, perché la possibilità di collegarsi alle piattaforme aziendali da qualsiasi luogo ha garantito quella continuità operativa messa in crisi dalla Pandemia, a causa dell'impossibilità dei dipendenti di recarsi in azienda. La possibilità di rispondere in maniera rapida alle esigenze di mercato e alle variazioni di mercato permette alle tecnologie Cloud di andare in supporto delle aziende. Anche la scalabilità del Cloud, ossia la capacità di aumentare le infrastrutture, la capacità di calcolo e i servizi che sono dedicati all'azienda in base alle esigenze di quest'ultima è stata fondamentale. Ad esempio, in questo momento gli acquisti online sono aumentati e tutti i siti e portali che offrono questa tipologia di servizi hanno avuto bisogno di una infrastruttura che riuscisse a rispondere a questa variazione di domanda, e qui il Cloud è entrato in gioco. Un'altra caratteristica importante del Cloud è quella del time-to-market: la grande differenza dai servizi personalizzati è proprio quella di avere a disposizione dei servizi che sono già pronti, quindi tutti quei servizi che ricadono nella categoria dei SaaS (Capitolo 1), ai quali è possibile accedervi facilmente, poiché sono servizi ben consolidati. Infatti, dal punto di vista tecnologico il mercato del Cloud è piuttosto maturo e riesce a garantire una varietà di servizi standard, ma anche a rispondere alle esigenze personalizzate delle aziende con un breve time to market. Il Cloud permette di ridurre i

costi legati all'infrastruttura IT e all'obsolescenza della stessa, ma anche quelli di natura strategica per la creazione di nuovi servizi. Molte aziende sono riuscite ad implementare dei servizi per i pagamenti digitali grazie all'infrastruttura Cloud, la quale ha permesso di rispondere a questa nuova esigenza di mercato fornendo un nuovo servizio [148].

4.1.1 Il digitale ai tempi del Covid-19: un'ancora di salvezza per le PMI

La trasformazione digitale è diventata una priorità soprattutto per il comparto delle Piccole e Medie Imprese. Durante il 2020 l'emergenza Covid-19 ha portato molte PMI italiane ad avvicinarsi al digitale, in molti casi per la prima volta: e-Commerce, Cloud, robotica, software per collaborazione tra aziende sono solo alcuni degli strumenti che hanno consentito alle PMI di far fronte al repentino crollo della domanda e portare avanti l'operatività aziendale. Il comparto delle PMI è stato quello che ha patito gli effetti più gravi della Pandemia. Le PMI, infatti, si sono trovate ad affrontare la crisi sanitaria e la conseguente revisione dei processi meno preparate rispetto alle aziende più grandi, poiché meno mature da un punto di vista digitale. Durante il lockdown, infatti, oltre l'80% delle circa 200.000 PMI italiane ha subito una contrazione del fatturato e l'82% ha subito un rallentamento della propria operatività aziendale. Secondo i dati dell'Osservatorio Industria 4.0, le imprese che alla vigilia della Pandemia di Covid-19 avevano già digitalizzato alcuni processi hanno avuto relativamente meno problemi rispetto a chi non aveva alcuna base tecnologica. Infatti, le PMI che avevano un livello di maturità digitale avanzato sono state più resilienti e hanno avuto una probabilità del 30% inferiore di subire un rallentamento significativo dell'operatività aziendale nel momento dell'avvento della crisi. Affianco a tale dato c'è l'altro dato rilevante sul tema delle performance economiche: le PMI più mature digitalmente hanno avuto un utile netto maggiore del 28% rispetto alle controparti, mostrando un margine di profitto più alto del 18%, un valore aggiunto superiore del 24% e un EBITDA maggiore dell'11%. La Pandemia è stato un evento disruptive che ha obbligato le PMI ad aumentare l'investimento del 25-50% in quelli che sono i software e i tool necessari per portare a termine la normale attività aziendale. Molte PMI hanno dovuto recuperare in un anno il ritardo accumulato in cinque anni. Sono aumentati i venditori sul market place di EBay del 98% rispetto al 2019, un dato importante a dimostrazione di quanto l'online possa essere un facilitatore per il loro business, e non un ostacolo. Da marzo 2020 c'è stata una crescita esponenziale nella

ricerca di software da parte delle PMI italiane, in aumento del 400%. C'è stata quindi una consapevolezza e una conseguente corsa a digitalizzarsi. Le PMI che non hanno intrapreso un percorso di digitalizzazione si trovano oggi a non possedere quegli strumenti necessari per portare avanti le attività aziendali. Software e piattaforme per la gestione di documenti aziendali, software per la gestione dei processi piuttosto che software per la gestione dei contatti clienti rappresentano tutti condizioni necessarie affinché si possa impostare un'attività di lavoro da remoto e si possa quindi avere una continuità operativa aziendale, tenendo alto il livello di sicurezza dei dati e delle informazioni. L'omnicanalità rappresenta oggi un fattore importante per ingaggiare e fidelizzare i clienti, soprattutto in una situazione come la recente in cui i canali off-line sono fortemente limitati. È quindi fondamentale che le PMI proseguano il loro percorso di trasformazione digitale. Accanto alle azioni tattiche che possono esserci in risposta alla comprensibile urgenza del periodo è importante disegnare delle strategie di lungo periodo che conducano a rivedere le attività e i processi aziendali in logica totalmente digitale [149].

4.1.2 Digitalizzazione: un'opportunità per ripartire

Il digitale ha rappresentato un'opportunità incredibile per poter dare continuità alle attività delle aziende. Le soluzioni digitali hanno rappresentato lo strumento più importante per superare la crisi innescata dal Covid-19 e rilanciare la competitività delle imprese. Questa situazione è destinata a cambiare i paradigmi tradizionali a cui le imprese erano abituate, sia sotto il profilo operativo sia sotto quello organizzativo. Molte aziende hanno apprezzato i benefici apportati dal digitale e vogliono tradurre le procedure sviluppate durante la Pandemia in prassi consolidate, una volta tornate alla normalità. Tuttavia, oltre a rafforzare il valore del paradigma Industry 4.0, la Pandemia ha messo in luce i limiti delle attuali implementazioni realizzate dalle organizzazioni, rendendo ancora più evidenti gap e opportunità relative al digitale già presenti prima che l'emergenza esplodesse. Gran parte delle imprese, in particolare PMI, non erano pronte ad affrontare tale sfida. Le aziende che non avevano iniziato ad adottare le tecnologie dell'Industria 4.0 hanno pagato il prezzo più alto della crisi. Molte imprese si sono trovate a utilizzare dispositivi non aggiornati, potenzialmente più esposti a minacce, sistemi obsoleti, non pensati per essere compatibili con il Cloud e nuovi strumenti di lavoro, senza

però essere adeguatamente formati su quelle che sono le buone pratiche dal punto di vista della gestione dei dati e della sicurezza. È quindi auspicabile un'accelerazione significativa del processo di digitalizzazione delle imprese italiane per non soccombere e riuscire a rilanciare la propria competitività sui mercati, una volta tornati alla normalità. In tal senso la Pandemia ha agito da amplificatore e catalizzatore per la trasformazione digitale delle imprese, andando anche a modificare la mentalità e l'approccio delle aziende stesse: queste prima ricercavano l'uso della tecnologia e, in particolare, delle soluzioni di Industry 4.0 principalmente per convenienza, mentre oggi è una condizione imprescindibile sulla strada verso la nuova normalità [150].

4.2 Next Generation EU: una risposta alla crisi da Covid-19

L'Unione Europea ha risposto alla crisi economica causata dalla Pandemia di Covid-19 lanciando il *Next Generation EU* (NGEU), un programma che si propone di rilanciare l'economia europea all'insegna della transizione ecologica, della digitalizzazione, della competitività, della formazione e dell'inclusione sociale. La quantità di risorse stanziate a supporto del programma ammonta a 750 miliardi di euro, dei quali oltre la metà, 390 miliardi, è costituita da sovvenzioni a fondo perduto. I sei pilastri sui quali si fonda il NGEU sono:

- Transizione ecologica;
- Trasformazione digitale;
- Crescita intelligente, sostenibile e inclusiva;
- Coesione sociale e territoriale;
- Salute e resilienza economica, sociale e istituzionale;
- Politiche per le nuove generazioni, l'infanzia e i giovani.

Gli Stati membri devono presentare un pacchetto di riforme e investimenti nel quale verrà illustrato come le misure previste contribuiranno al raggiungimento degli obiettivi fissati dal Next Generation EU. È stato stabilito che un minimo del 37% degli investimenti previsti da ciascun Paese sia dedicato al pilastro della transizione ecologica. Per quanto riguarda invece il pilastro della trasformazione digitale, i Piani devono stanziarvi almeno il 20% degli investimenti previsti [151].

4.2.1 Il *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*

L'Italia è beneficiaria della maggior parte delle risorse previste dal NGEU, pari a 191,5 miliardi di euro, divise in 68,9 miliardi di euro in sovvenzioni a fondo perduto e 122,6 miliardi di euro in prestiti. A tali risorse si aggiungono quelle rese disponibili dal REACT-EU nonché quelle derivanti dal Fondo Complementare Nazionale.

Per poter beneficiare dei fondi, il governo italiano ha sviluppato e presentato alla Commissione Europea il *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza,* chiamato anche *Recovery Plan*, un dettagliato resoconto delle riforme e degli investimenti che si intendono avviare per rilanciare l'economia italiana dopo la crisi economica provocata dalla Pandemia di Covid.19. Le risorse previste a supporto del Piano ammontano a 248 miliardi di euro, dei quali 191,5, come detto precedentemente, provengono dai fondi del NGEU. Il 40% di tali fondi è destinato al Mezzogiorno.

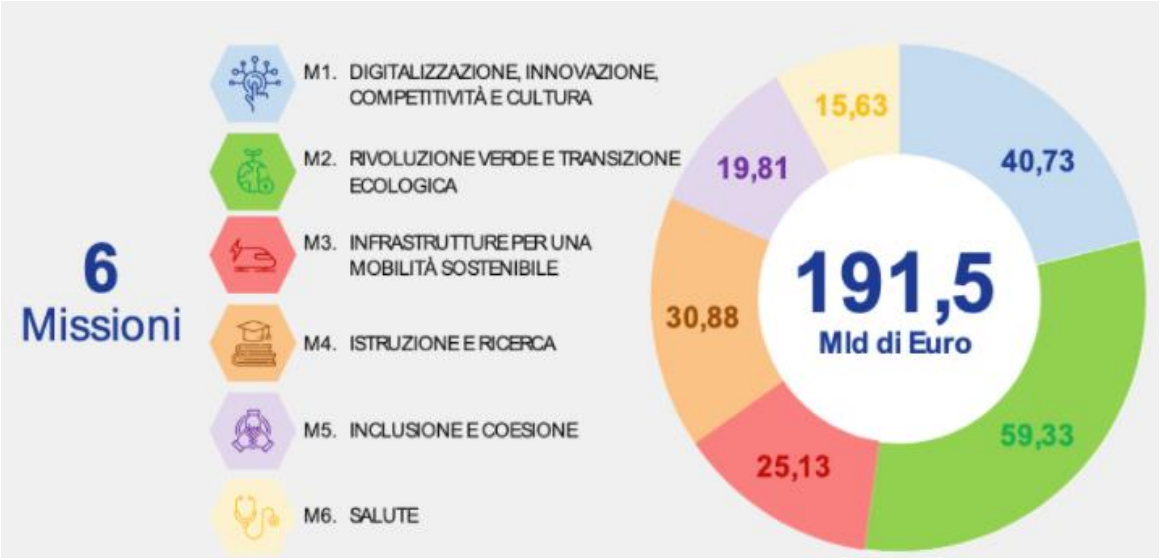

Figura 16: Ripartizione fondi UE in base al PNRR (credit: https://www.lapam.eu/notizie/trend-economia/economia-circolare/cosa-ce-per-le-imprese-nel-piano-nazionale-di-ripresa-e-resilienza/)

Il piano si articola in sei missioni e 16 Componenti. Le sei Missioni del Piano sono:

Missione 1 - Digitalizzazione, innovazione, competitività e cultura: ha come obiettivo la transizione digitale della pubblica amministrazione e del sistema produttivo, soprattutto delle Piccole e Medie Imprese. Sostiene lo sviluppo di reti a banda ultra-larga in modo capillare in tutto il territorio nazionale, al fine di agevolare la trasformazione digitale. Punta, inoltre, sul rilancio del turismo e della cultura in chiave digitale, due settori chiave

per l'economia italiana. Le risorse destinate a questa missione sono circa 50 miliardi di euro, di cui 41 finanziati con fondi europei e 8,5 con risorse del Fondo Complementare Nazionale.

Missione 2 - Rivoluzione verde e transizione ecologica: prevede investimenti in R&S nel campo delle energie rinnovabili, interventi per sviluppare un'agricoltura sostenibile e una migliore gestione dei rifiuti, investimenti per lo sviluppo della mobilità sostenibile e per la transizione ecologica delle principali filiere industriali. Un ulteriore obiettivo è quello di realizzare l'efficientamento del patrimonio immobiliare pubblico e privato, attuare interventi per prevenire il dissesto idrogeologico, per salvaguardare e promuovere la biodiversità del territorio, e per garantire la gestione sostenibile ed efficiente delle risorse idriche. Le risorse destinate a questa missione sono circa 68,96 miliardi di euro, di cui 59,3 finanziati con fondi europei e 9,3 con risorse del Fondo Complementare Nazionale.

Missione 3 - Infrastrutture per una mobilità sostenibile: prevede investimenti mirati a rafforzare ed estendere l'alta velocità ferroviaria in tutto il territorio nazionale, favorire logiche intermodali di trasporto merci, più sostenibili, ottimizzare il traffico aereo. Le risorse destinate a questa missione sono circa 31,4 miliardi di euro, di cui 25,1 finanziate con fondi europei e 6,3 con risorse del Fondo Complementare Nazionale.

Missione 4 - Istruzione e ricerca: ha come obiettivo quello di colmare le carenze dell'offerta di servizi di istruzione in Italia, aumentando il numero di insegnanti nelle scuole e favorendo l'accesso all'università di un maggior numero di studenti. Include anche un significativo rafforzamento dei sistemi di ricerca di base e applicata e nuovi strumenti per il trasferimento tecnologico. Le risorse destinate a questa missione sono circa 31,9 miliardi di euro, di cui 30,9 finanziati con fondi europei e 1 con risorse del Fondo Complementare Nazionale.

Missione 5 - Inclusione e coesione: ha come obiettivo il rafforzamento delle politiche del lavoro, focalizzando l'attenzione sul sistema duale e sull'imprenditoria femminile. Si propone di aumentare gli strumenti a supporto dei soggetti in situazione di fragilità sociale ed economica. Le risorse destinate a questa missione sono circa 22,4 miliardi di euro, di cui 19,8 finanziati con fondi europei e 2,6 con risorse del Fondo Complementare Nazionale.

Missione 6 – Salute: ha come obiettivo il rafforzamento della prevenzione e dell'assistenza sul territorio e l'ammodernamento delle dotazioni tecnologiche del Servizio Sanitario Nazionale (SSN), al fine di sviluppare la telemedicina. Le risorse destinate a questa missione sono circa 18,5 miliardi di euro, di cui 15,6 finanziati con fondi europei e 2,9 con risorse del Fondo Complementare Nazionale.

Tutte le iniziative del Piano agiscono in un orizzonte temporale che si conclude nel 2026. Il Governo stima che gli investimenti previsti nel Piano avranno un impatto significativo sul Pil nazionale, che crescerà del 16% [152].

4.2.1.1 La missione Digitalizzazione

La Missione 1 del PNRR si pone l'obiettivo di ridurre i divari strutturali di competitività, produttività e digitalizzazione che da anni affliggono il sistema produttivo italiano. L'Italia si posiziona, infatti, al quartultimo posto in Europa come livello di digitalizzazione in base al DESI (Digital Economy and Society Index), un indice adottato dalla Comunità Europea per misurare la maturità digitale dei vari Paesi. Questo indice prevede cinque aree di valutazione: una che guarda alla connettività, quindi alla disponibilità di banda larga sui vari territori nazionali, una al capitale umano, ossia alla diffusione delle competenze digitali, una all'utilizzo di internet nella quotidianità, una all'integrazione delle tecnologie digitali nel tessuto industriale e una all'utilizzo dei servizi digitali nella PA. La CE per ognuna di queste aree determina delle sotto-aree e degli indicatori puntuali che consentono di fare confronti tra i vari Paesi. In basi ai dati del DESI 2020 l'Italia risulta fanalino di coda sulla digitalizzazione, davanti solo a Romania, Grecia e Bulgaria. C'è stata una miopia che per molti anni ha caratterizzato la politica italiana, che non ha compreso quanto importante fossero le tecnologie digitali per il Paese. Se guardiamo al capitale umano siamo addirittura terzultimi in Europa e quintultimi per l'integrazione delle tecnologie nel tessuto industriale. La Lombardia è la regione più digitale del Paese e la Calabria la meno digitale. Le regioni del Centro-Nord sono le più digitalizzate mentre quelle del Sud sono sistematicamente le meno digitalizzate. Tuttavia, anche la regione più digitale d'Italia, la Lombardia, ha un grado di maturità digitale inferiore alla media europea e, pertanto, non è sufficientemente matura per competere con il resto d'Europa. Al tempo stesso, l'Italia ha registrato un calo significativo della produttività nell'ultimo ventennio, a fronte della crescita registrata nel

resto d'Europa, a causa soprattutto del basso livello di investimenti in digitalizzazione e innovazione, soprattutto da parte delle PMI [153].

La Componente 1 della Missione ha l'obiettivo di realizzare la trasformazione digitale della Pubblica Amministrazione. A tal fine, da un lato sono previsti interventi sull'infrastruttura digitale, attraverso l'adozione di soluzioni Cloud da parte della PA, accelerando l'interoperabilità tra gli enti pubblici, snellendo le procedure e investendo in cybersecurity; dall'altro lato sono previsti interventi a supporto dello sviluppo di competenze digitali da parte dei dipendenti della PA.

La Componente 2 della Missione si propone di rafforzare la competitività del sistema produttivo italiano, accelerando il processo di trasformazione digitale delle imprese, avviato nel 2016, al fine di recuperare il ritardo accumulato negli anni nei confronti dei Paesi Europei, soprattutto per quanto riguarda il comparto delle PMI. Per realizzare ciò si prevede di rafforzare le politiche di incentivazione fiscale e sviluppare una infrastruttura adeguata per sfruttare a pieno il potenziale delle tecnologie digitali, che richiedono collegamenti veloci e con bassi tempi di latenza. Su tale fronte, il nuovo *Piano Transizione 4.0*, che sostituisce il *Piano Impresa 4.0*, fornisce nuovo impulso alla transizione digitale del tessuto industriale italiano, riconoscendo alle imprese che investono in tecnologie 4.0, ricerca e sviluppo e attività di formazione digitale incentivi di durata biennale, non più annuale, dando così alle imprese la possibilità di programmare gli investimenti in digitale con maggiori sicurezze da parte del governo. È previsto inoltre l'aumento delle percentuali di credito e dell'ammontare massimo di investimenti incentivati. Queste misure sono finalizzate a compensare almeno in parte l'incertezza del periodo di emergenza sanitaria nel quale ci troviamo, sostenendo le imprese che investono in digitalizzazione dei processi produttivi. Inoltre, per rendere tali politiche pienamente efficaci è previsto lo sviluppo di un'infrastruttura di reti fisse e mobili ad altissima capacità. Per il prossimo decennio l'Unione Europea ha infatti stabilito due obiettivi principali in tema di banda larga: entro il 2030 deve essere garantita una connettività a 1 Gbps per tutti e la piena copertura 5G delle aree popolate. Il PNRR prevede di portare connessioni a 1 Gbps su tutto il territorio nazionale entro il 2026, grazie ad una semplificazione dei processi burocratici, che riconosce le infrastrutture in fibra ottica e per la copertura 5G come strategiche, velocizzandone così la diffusione sul territorio. In particolare, sono state stanziate risorse per:

- Garantire la connettività a 1 Gbps a famiglie, imprese ed enti nelle aree grigie e nere a fallimento di mercato;
- Portare la connessione in fibra a 1 Gbps ai 9.000 edifici scolastici rimanenti (pari a circa il 20% del totale), non coperti dal precedente *Piano Scuola Connessa*;
- Garantire una connettività da 1 Gbps fino a 10 Gbps agli edifici del Servizio sanitario nazionale;
- Dotare 18 isole minori di connettività a 1 Gbps;
- Realizzare un'infrastruttura 5G nelle aree mobili a fallimento di mercato.

La Componente 3 della Missione ha l'obiettivo di rilanciare i settori economici della cultura e del turismo, che hanno un ruolo chiave per l'economia italiana. Sono previsti miglioramenti delle strutture turistico-ricettive e dei servizi turistici, al fine di migliorare gli standard di offerta e aumentare l'attrattività complessiva. Questi interventi faranno leva sulla sostenibilità ambientale e sul pieno sfruttamento delle potenzialità delle tecnologie digitali.

Il governo stima che la missione Digitalizzazione determinerà un aumento del PIL dello 0,8%, con un maggior contributo proveniente dal *Piano Transizione 4.0* e dallo sviluppo della banda ultra-larga [154].

4.3 Il *Piano Transizione 4.0*

Industria 4.0 costituisce uno dei pilastri su cui si fonda il *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*. Su questo fronte, il governo italiano ha varato nel 2020 il *Piano Transizione 4.0*, che sostituisce il *Piano Impresa 4.0* precedentemente in vigore. A supporto del nuovo Piano sono stati stanziati circa 24 miliardi di euro, per una misura che diventa strutturale e che vede il potenziamento di tutte le aliquote e una significativa riduzione dei tempi di fruizione. Come già detto nel Capitolo 2, gli incentivi messi in campo dal *Piano Impresa 4.0* hanno prodotto un effetto leva sugli investimenti, determinando di anno in anno una crescita significativa del mercato dei progetti 4.0 in Italia. Se però confrontiamo tale dato con il numero di imprese che hanno beneficiato degli incentivi, pari a circa 53.000 imprese, e soprattutto con il numero di imprese che hanno usufruito del Superammortamento, oltre un milione di imprese, risulta che la platea di potenziali beneficiari degli incentivi del Piano è ancora ampia. Scendendo nel dettaglio, emerge che

oltre il 60% degli incentivi hanno interessato grandi imprese, relegando di fatto ai margini le PMI. Infatti, secondo le rilevazioni dell'Osservatorio Transizione Industria 4.0, due PMI su tre negli ultimi due anni non hanno usufruito di alcun incentivo pubblico per la digitalizzazione. Segmentando l'approccio delle PMI verso gli incentivi pubblici si nota che il 30% di esse oggi è definibile come ostile, ritiene quindi che tutte le iniziative pubbliche siano lontane da quella che è la realtà imprenditoriale, pertanto non si avvicinano al mondo degli incentivi pubblici. Si registra un ulteriore 18% di imprese che nel passato hanno provato a relazionarsi con il mondo degli incentivi pubblici ma hanno incontrato una serie di difficoltà burocratiche e di conseguenza hanno ritenuto che i costi superassero di gran lunga i benefici. Vi è poi un 32% di imprese che vorrebbero ma sostanzialmente non hanno ancora provato ad utilizzare incentivi pubblici, a causa di una mancanza di conoscenza di ciò che c'è a disposizione. Infine, emerge che il 20% delle PMI sono ingaggiate, ossia utilizzano gli incentivi e spesso vengono informate dagli attori dell'ecosistema con il quale si relazionano, in particolare enti territoriali e università. Tale quadro è da imputare principalmente ad una mancanza di fiducia, che è frutto di tre motivazioni: innanzitutto gli incentivi hanno un orizzonte temporale spesso molto incerto, dipendono dalla stabilità di governo e molto spesso sono incentivi che vengono rinnovati su base annuale, di conseguenza l'imprenditore non ha modo di fare una pianificazione strategica di lungo periodo. In seconda battuta tutte le difficoltà procedurali e una burocrazia estremamente complessa fa sì che le imprese incontrino una serie di ostacoli nel riuscire a portare a termine la domanda e usufruire effettivamente dell'incentivo richiesto. Terzo punto il tema della conoscenza degli incentivi: gli incentivi ci sono ma molto spesso gli imprenditori non ne sono a conoscenza, quindi non ne fanno richiesta e i bandi vanno a vuoto. Tutto questo ha spinto il governo italiano a rivedere alcuni meccanismi e caratteristiche del Piano. Innanzitutto, è stata data alle misure una maggiore stabilità, programmandole su base biennale, così da garantire alle imprese la possibilità di una pianificazione degli investimenti di medio periodo. Successivamente sono stati introdotti nuovi strumenti di accesso, individuando il credito d'imposta come principale canale [155]. Nello specifico, le misure del Super ed Iper ammortamento sono state convertite in un nuovo credito di imposta 4.0. Per credito d'imposta si intende "qualsiasi credito che il contribuente vanta nei confronti delle casse dell'Erario dello Stato, magari perché ha fruito delle detrazioni previste dalla normativa vigente. Qualora si verificasse

questa situazione, il credito d'imposta può essere utilizzato per andare a compensare eventuali debiti, per diminuire le imposte dovute oppure, quando ammesso, se ne può richiedere il rimborso, ad esempio in sede di dichiarazione dei redditi" [156]. Mentre le misure del Super ed Iper Ammortamento permettevano di supervalutare, con esclusivo riferimento alla determinazione delle quote di ammortamento, il costo di acquisizione di beni 4.0 e non, lo strumento del credito d'imposta "genera un valore di sconto puro su tasse e imposte dovute allo Stato, il cui ammontare dipende dal valore di acquisto del bene. Il credito d'imposta si può considerare come un contributo diretto, con una sola differenza rispetto all'erogazione di un contributo a fondo perduto: il denaro non viene materialmente erogato al beneficiario, ma viene scontato nel momento in cui il beneficiario deve versare denaro, in termini di tasse e imposte, allo Stato" [157].

Con questa nuova soluzione il MISE stima un ampliamento dei potenziali beneficiari del 40%, incrementando così significativamente il numero delle PMI che accedono al beneficio. Questo perché con il credito di imposta le misure dovrebbero essere fruibili anche da parte di imprese che non registrano un utile o in regime forfettario. Inoltre, il ricorso al credito d'imposta compensabile in tre anni comporta una riduzione del tempo di rientro dell'incentivo, soprattutto per i beni materiali, per i quali il precedente Iperammortamento prevedeva un periodo medio di ammortamento di otto anni, e un'anticipazione del momento di fruizione. Rispetto al precedente Piano Impresa 4.0 il MISE stima un recupero di tempo pari a circa sette mesi. Oltre a garantire un ampliamento della platea di beneficiari, il Piano prevede un aumento significativo delle aliquote. Tali modifiche si traducono in un aumento del contributo statale e una diminuzione dei tempi per incassarlo.

Tutti gli incentivi del nuovo *Piano Transizione 4.0* sono automatici e cumulabili tra loro e con altri finanziamenti come quelli regionali, nazionali o europei. Nei prossimi paragrafi verranno illustrate le principali misure del *Piano Transizione 4.0* [158].

4.3.1 Credito d'imposta per investimenti in beni strumentali

È una misura che ha la funzione di incentivare le imprese che investono in beni strumentali nuovi, materiali e immateriali che permettono la trasformazione digitale dei processi produttivi.

Per gli investimenti in beni strumentali materiali 4.0 è riconosciuto un credito d'imposta in misura differenziata in base all'ammontare dell'investimento. Nello specifico, "per gli investimenti in beni materiali 4.0 (Ex-Iper) avvenuti dal 16/11/2020 al 31/12/2021 (30/06/2022 se entro il 31/12/2021 l'ordine è accettato e viene pagato un acconto di almeno il 20%) l'azienda ha diritto ad un credito d'imposta del*:*

- 50% del costo per la quota di investimenti fino a 2,5 milioni di euro;
- 30% per la quota compresa tra 2,5 milioni di euro e 10 milioni di euro;
- 10% per la quota compresa tra 10 milioni di euro e 20 milioni di euro" [159].

"Per gli investimenti in beni materiali 4.0 (Ex-Iper) avvenuti dal 01/01/2022 al 31/12/2022 (30/06/2023 se entro il 31/12/2022 l'ordine è accettato e viene pagato un acconto di almeno il 20%) l'azienda ha diritto ad un credito d'imposta del:

- 40% del costo per la quota di investimenti fino a 2,5 milioni di euro;
- 20% per la quota compresa tra 2,5 milioni euro e 10 milioni di euro;
- 10% per la quota compresa tra 10 milioni di euro e 20 milioni di euro" [160].

"Per investimenti in beni strumentali materiali non 4.0 (ex Super), è riconosciuto un credito d'imposta nella misura del:

- 6% nel limite massimo dei costi ammissibili pari a 2 milioni di euro" [161].

"Per investimenti in beni immateriali 4.0 avvenuti dal 16/11/2020 al 31/12/2022 (30/06/2023 se entro il 31/12/2022 l'ordine è accettato e viene pagato un acconto di almeno il 20%), l'azienda ha diritto a un credito d'imposta del:

- 20% del costo, nel limite massimo di costi ammissibili pari a un milione di euro" [162].

Il credito d'imposta è utilizzabile esclusivamente in compensazione in tre quote annuali di pari importo. Per gli investimenti in beni strumentali "Ex Superammortamento" e in beni immateriali non 4.0 effettuati nel 2021 da soggetti con ricavi o compensi minori di 5 milioni di euro, il credito d'imposta è fruibile in un anno [163].

4.3.2 Credito d'imposta ricerca, sviluppo, innovazione e design

La misura si pone l'obiettivo di incentivare gli investimenti in Ricerca, Sviluppo e Innovazione tecnologica per sostenere la competitività delle imprese e per favorirne i

processi di transizione digitale e nell'ambito dell'economia circolare e della sostenibilità ambientale.

"Per attività di ricerca fondamentale, ricerca industriale e sviluppo sperimentale in campo scientifico e tecnologico:

- il credito d'imposta è riconosciuto in misura pari al 12% delle spese agevolabili nel limite massimo di 3 milioni di euro" [164].

"Per attività di innovazione tecnologica finalizzate alla realizzazione di prodotti o processi di produzione nuovi o sostanzialmente migliorati:

- il credito d'imposta è riconosciuto in misura pari al 6% delle spese agevolabili nel limite massimo di 1,5 milioni di euro
- il credito d'imposta è riconosciuto in misura pari al 10% delle spese agevolabili nel limite massimo di 1,5 milioni di euro in caso di attività di innovazione tecnologica finalizzate al raggiungimento di un obiettivo di transizione ecologica o di innovazione digitale 4.0" [165].

"Per attività di design e ideazione estetica per la concezione e realizzazione dei nuovi prodotti e campionari nei settori tessile e della moda, calzaturiero, dell'occhialeria, orafo, del mobile e dell'arredo e della ceramica:

- il credito d'imposta è riconosciuto in misura pari al 6% delle spese agevolabili nel limite massimo di 1,5 milioni di euro" [166].

Il credito d'imposta è utilizzabile esclusivamente in compensazione in tre quote annuali di pari importo a decorrere dal periodo d'imposta successivo a quello di maturazione.

4.3.3 Credito d'imposta formazione 4.0

La misura è volta a incentivare le imprese che investono in formazione per lo sviluppo di competenze necessarie a realizzare il paradigma 4.0. "Il credito d'imposta è riconosciuto in misura del:

- 50% delle spese ammissibili e nel limite massimo annuale di € 300.000 per le micro e piccole imprese;
- 40% delle spese ammissibili nel limite massimo annuale di € 250.000 per le medie imprese;
- 30% delle spese ammissibili nel limite massimo annuale di € 250.000 le grandi imprese.

La misura del credito d'imposta è aumentata per tutte le imprese, fermo restando i limiti massimi annuali, al 60% nel caso in cui i destinatari della formazione ammissibile rientrino nelle categorie dei lavoratori dipendenti svantaggiati o molto svantaggiati.
Il credito d'imposta deve essere indicato nella dichiarazione dei redditi relativa al periodo d'imposta in cui sono state sostenute le spese e in quelle relative ai periodi d'imposta successivi fino a quando se ne conclude l'utilizzo. Il credito è utilizzabile, esclusivamente in compensazione, a decorrere dal periodo d'imposta successivo a quello di sostenimento delle spese ammissibili" [167].

Conclusioni

A conclusione del presente elaborato di tesi si riportano le principali evidenze emerse. Gli incentivi del *Piano Industria 4.0*, ribattezzato poi *Piano Impresa 4.0*, hanno prodotto un effetto leva sugli investimenti, determinando di anno in anno una crescita significativa del mercato dei progetti 4.0 in Italia, passando da un valore di 1,7 miliardi di euro nel 2016 ad un valore di 3,9 miliardi di euro nel 2019. Il Piano è riuscito, pertanto, ad accendere i riflettori sui temi dell'innovazione digitale in ottica 4.0, mettendo in risalto i benefici e le opportunità che la *Quarta Rivoluzione Industriale* può offrire all'industria italiana in termini di competitività e crescita economica. Tuttavia, come riporta il MISE, sul totale delle 53.000 imprese che hanno beneficiato delle misure, oltre il 60% degli incentivi hanno interessato grandi imprese, a discapito delle PMI italiane. Mentre le grandi imprese hanno investito nella trasformazione digitale con sempre maggiore convinzione, le PMI hanno rincorso a fatica. Il triennio 2017-2019 ha mostrato le PMI in cammino, seppur molto lentamente, dal momento che la quota detenuta dalle Piccole e Medie Imprese sul totale del mercato Industria 4.0 in Italia non ha accennato ad aumentare. Secondo le rilevazioni dell'Osservatorio Transizione Industria 4.0, due PMI su tre negli ultimi due anni non hanno usufruito di alcun incentivo pubblico per la digitalizzazione. Segmentando l'approccio delle PMI verso gli incentivi pubblici, l'indagine dell'Osservatorio ha evidenziato che il 30% di esse oggi è definibile come ostile, ritiene quindi che tutte le iniziative pubbliche siano lontane da quella che è la realtà imprenditoriale, pertanto non si avvicinano al mondo degli incentivi pubblici. Si registra un ulteriore 18% di imprese che nel passato hanno provato a relazionarsi con il mondo degli incentivi pubblici ma hanno incontrato una serie di difficoltà burocratiche, e di conseguenza hanno ritenuto che i costi superassero di gran lunga i benefici. Vi è poi un 32% di imprese che vorrebbero ma sostanzialmente non hanno ancora provato ad utilizzare incentivi pubblici, a causa di una mancanza di conoscenza di ciò che c'è a disposizione. Infine, emerge che il 20% delle PMI sono "ingaggiate", ossia utilizzano gli incentivi e spesso vengono informate dagli attori dell'ecosistema con il quale si relazionano, in particolare enti territoriali e università.

Nel 2019 l'Osservatorio Industria 4.0 ha condotto un'indagine che ha coinvolto più di 1500 Piccole e Medie Imprese, il cui scopo è stato quello di determinare la maturità

digitale del campione, attraverso un indice che è il *digital maturity score*. Per misurare la maturità digitale delle PMI italiane sono state considerate quattro macro-variabili: l'interesse del vertice aziendale verso il tema Industry 4.0, l'organizzazione e la governance in termini di figure dedicate allo sviluppo e alla gestione dell'innovazione digitale e, infine, l'utilizzo di tecnologie digitali 4.0 nell'operatività aziendale, sia in termini di processi interni sia esterni.

Dall'analisi 2019 sono emersi quattro profili digitali delle PMI italiane. Il primo profilo vede il 26% delle PMI italiane come digitalmente mature (Digital Maturity Score:88/100), ossia quelle imprese che possiedono tutte le caratteristiche necessarie per sfruttare in maniera strategica le opportunità del digitale (interesse del vertice aziendale, presenza di figure interne dedicate, processi interni ed esterni completamente digitalizzati). Un ulteriore 28% (DMS:69/100) è invece rappresentato da quelle imprese che traducono la loro trasformazione digitale nello sfruttamento delle tecnologie per migliorare solo i processi interni, quali possono essere la contabilità, il monitoraggio del magazzino e delle vendite, il supporto alle attività di produzione, e che quindi sono mosse principalmente da un'ottica di efficienza. Un ulteriore 20% (DMS:63/100) è rappresentato da quelle imprese che applicano primariamente le tecnologie per aumentare le vendite, migliorando i processi rivolti all'esterno dell'organizzazione. Infine, il rimanente 26% (DMS: 38/100) è rappresentato da PMI che credono poco nell'importanza del digitale per lo sviluppo del business e prevedono al massimo delle figure professionali interne dedicate a singoli processi o attività operative. Queste imprese, seppur comincino ad essere consapevoli del ruolo chiave del digitale nel business, di fatto non hanno intrapreso alcun tipo di processo di trasformazione digitale.

Lo scarso interesse delle PMI verso il digitale è da imputare ad alcune barriere che possono essere causa di rallentamento, o addirittura di impedimento, del processo di implementazione di Industria 4.0 all'interno delle PMI. La prima barriera alla digitalizzazione risiede nelle ingenti risorse finanziarie richieste per acquistare le tecnologie abilitanti. Gli investimenti necessari a trasformare una impresa in un'azienda 4.0, se non effettuati "cum grano salis", possono rivelarsi particolarmente onerosi. L'acquisto di una tecnologia porta con sé, infatti, una serie di costi nascosti, come i costi di integrazione con altri sistemi informativi, costi di apprendimento del personale, ed altri costi dovuti al cambio di approccio, che risultano difficilmente stimabili al momento

dell'acquisto, in particolar modo per le PMI, le quali non sempre dispongono di competenze interne adeguate per effettuare valutazioni di tale portata. Non aiuta il ricorso ai prestiti: la lunga crisi finanziaria ha causato un significativo inasprimento delle condizioni di accesso al credito per le PMI, il quale ha influito sulla loro capacità di effettuare investimenti. Le PMI sono infatti considerate dagli intermediari bancari più rischiose rispetto alle grandi imprese e, di conseguenza, vengono applicati loro tassi di interesse più elevati sui finanziamenti concessi o, addirittura, si evita di concedere credito a questa tipologia di imprese. Pertanto, le difficoltà di accesso al credito e il timore che l'investimento non produca gli effetti sperati fa sì che le PMI siano restie ad effettuare investimenti in innovazione, venendo così condannate a una situazione di stallo. Un'altra barriera che rallenta, e spesso impedisce la trasformazione in chiave digitale delle PMI, è quella di carattere culturale. Senza una cultura aziendale aperta all'innovazione è impossibile intraprendere qualsiasi percorso di trasformazione digitale. L'apertura dell'imprenditore all'innovazione rappresenta una condizione abilitante estremamente importante per aprire alla trasformazione, ma può anche diventare una barriera non indifferente quando vi è un'attitudine conservatrice da parte della proprietà che genera all'interno dell'azienda un clima sfavorevole per la trasformazione. Particolarmente vincolanti sono, inoltre, le barriere legate alle competenze e risorse interne alle PMI. Numerose imprese lamentano una carenza di competenze digitali, esperienza nel project management, necessarie per gestire e implementare le trasformazioni tecnologiche richieste dal paradigma Industry 4.0. Spesso mancano alcune figure professionali e operai qualificati utili per sfruttare al meglio le potenzialità delle tecnologie 4.0. Abbiamo poi barriere di natura legale. Le PMI che hanno intrapreso un percorso di trasformazione digitale in ottica 4.0 lamentano difficoltà nell' essere conformi alla normativa sulla privacy, un ostacolo che soffrono molto di più delle grandi imprese, le quali riescono a far fronte con consulenze specializzate. Inoltre, non si possono non menzionare le barriere tecniche. Fasi e singole attività di cui si compone un processo risultano spesso poco definite, monitorate e analizzate, con conseguenti perdite in termini di efficienza. Tale situazione è da imputare all'immaturità tecnologica delle PMI, che ancora oggi utilizzano macchinari obsoleti e dispongono di infrastrutture IT deboli. Un'ulteriore barriera di tipo tecnico è la mancanza di standard, fondamentali per accelerare l'implementazione di soluzioni 4.0.

Discorso a parte meritano invece le barriere legate all'inefficacia delle misure adottate dal governo per favorire la transizione verso Industria 4.0 delle PMI. Il supporto da parte delle istituzioni viene percepito come inadeguato dalle PMI. Gli incentivi hanno un orizzonte temporale spesso molto incerto, dipendono dalla stabilità di governo e molto spesso sono incentivi che vengono rinnovati su base annuale, di conseguenza l'imprenditore non ha modo di fare una pianificazione strategica di lungo periodo. Inoltre, tutte le difficoltà procedurali e una burocrazia estremamente complessa fa sì che le imprese incontrino una serie di ostacoli nel riuscire a portare a termine la domanda e usufruire effettivamente dell'incentivo richiesto. Un altro vincolo è legato al tema della conoscenza degli incentivi: gli incentivi ci sono ma molto spesso gli imprenditori non ne sono a conoscenza, quindi non ne fanno richiesta e i bandi vanno a vuoto. Inoltre, un aspetto critico del Piano sta nella sua complessa struttura di governance, tra cabina di regia e la rete costituita da Competence Center e Digital Innovation Hubs. Nel 2017, un anno dopo il lancio del *Piano Industria 4.0,* i Competence Center richiedevano ancora, da parte del governo, una elaborazione progettuale ed una spiegazione dettagliata del funzionamento, che è stata rinviata al 2018, con l'individuazione di otto Competence Center selezionati con un bando dal MISE. A dicembre 2018 si è conclusa la fase di negoziazione, che ha portato alla definizione delle proposte progettuali, mentre solo a partire dall'aprile del 2019, grazie alle prime erogazioni dei finanziamenti da parte del Mise (73 milioni di euro invece dei 100 milioni stimati), i Competence Center sono riusciti a dare un concreto avvio alla realizzazione dei progetti. Pertanto, le PMI si sono trovate per ben due anni senza un punto di riferimento che le sensibilizzasse sulle opportunità connesse all'applicazione di tecnologie 4.0, offrendo loro la possibilità di testare e sperimentare in loco le tecnologie e supportandole nella attività di pianificazione degli investimenti. Di conseguenza, gli unici soggetti ai quali potersi affidare sono stati i commercialisti. Come risultato l'incentivo, più che nel contesto di una strategia, è stato considerato in termini opportunistici, facendo prevalere considerazioni di risparmio fiscale. Tempi e modi dell'adozione sono stati guidati più da opportunità fiscali, che non da una strategia aziendale. Gli incentivi dovrebbero svolgere invece la funzione opposta, ossia di abilitazione o facilitazione di una strategia.

I risultati fin qui ottenuti dimostrano come il divario tra PMI e grandi imprese nell'adozione di tecnologie 4.0 e nel rinnovamento dei processi aziendali in ottica digitale

sia prima di tutto culturale. Le Piccole e Medie Imprese, nella maggior parte dei casi, non adottano determinate tecnologie perché non hanno le competenze interne per percepirne l'utilità e non ne hanno chiari gli impatti e i benefici, spesso a causa di un atteggiamento conservatore da parte della proprietà e di una cultura aziendale poco favorevole all'innovazione. Inoltre, le PMI dispongono di limitate risorse finanziare, a differenza delle grandi imprese che possono contare su un'ampia disponibilità di risorse (economiche e umane) da stanziare in progetti Industria 4.0, con un rischio relativamente contenuto. Allo stesso tempo, vi è poca consapevolezza delle minacce che il digitale comporta e l'investimento in sicurezza informatica, ove presente, è una mera risposta alla normativa. La presenza di una strategia di lungo periodo, che coinvolga tutta l'azienda in un processo di trasformazione, rimane un'eccezione per medie e, ancor più, piccole imprese. Il supporto da parte delle istituzioni viene percepito come inadeguato, poiché le misure sono ritenute poco aderenti al contesto in cui operano le Piccole e Medie Imprese. Sulla base di tali premesse e alla luce delle principali barriere individuate, sono state identificate le condizioni abilitanti e le azioni necessarie per garantire il successo del processo di trasformazione digitale delle PMI. Il processo di digitalizzazione di una PMI deve essere innescato da una apertura all'innovazione da parte dell'imprenditore, che deve considerare la digitalizzazione un importante elemento di competitività per la propria impresa. Anche le pressioni di business della filiera produttiva rappresentano una condizione abilitante di avvio, poiché innescano nelle PMI l'esigenza di digitalizzarsi per essere in linea con la trasformazione di filiera. Per garantire la sostenibilità a lungo termine e permettere alla trasformazione di progredire in modo graduale, a misura delle capacità dell'azienda, sono inoltre necessari diversi fattori legati all'organizzazione e alle risorse umane: competenze ed esperienze digitali sia a livello di management, sia a livello tecnico-operativo; approccio partecipato al processo di innovazione da parte di operatori in diverse funzioni aziendali; formazione a più livelli; esistenza di relazioni con partner e consulenti esterni. Il tutto portato avanti attraverso un approccio sistematico ben definito. Quando si parla di Industry 4.0, infatti, non si può dare spazio all'improvvisazione. La trasformazione non avviene dall'oggi al domani, ma deve essere vista come un processo di miglioramento continuo. È essenziale disporre di una roadmap programmatica, con progettualità chiara, che sia progressiva, sia per le risorse finanziarie sia per le risorse umane di cui è in possesso l'organizzazione aziendale. È necessario l'impiego di

strumenti semplici che garantiscano misure mirate per poter portare avanti il processo di innovazione. Inoltre, è buona norma indirizzare gli sforzi per concretizzare anche benefici di breve termine, in modo tale da convincere la proprietà e i vari livelli aziendali delle opportunità offerte dalla trasformazione digitale attraverso risultati percepiti in modo tangibile in azienda. L'obiettivo non deve essere quello di digitalizzare l'intera azienda a tutti i costi, ma gli interventi devono partire dalle aree che maggiormente possono beneficiare di una tale trasformazione. Esiste un percorso di riferimento consolidato a livello internazionale per l'implementazione efficace delle soluzioni proposte da Industry 4.0 nelle PMI. Tale approccio prevede quattro step. Il primo step consiste in un audit volto ad analizzare le tecnologie che sono già impiegate dall'azienda e a valutare quali tecnologie abilitanti siano necessarie per iniziare il percorso di trasformazione 4.0. Le imprese si avvalgono in questa fase dell'esperienza di università, centri di ricerca e partner aziendali, che possono supportarle nella scelta delle soluzioni più idonee. Il secondo step prevede, una volta introdotte le tecnologie individuate nel primo step, la redazione di piani di miglioramento sulla base degli scostamenti misurati rispetto alla situazione iniziale. Tali piani sono affiancati da analisi economico-finanziarie sugli investimenti richiesti per implementarli. Se l'investimento viene approvato dal top management si può passare al terzo step, ossia l'implementazione del piano di miglioramento. La quarta ed ultima fase prevede la misura e l'analisi delle performance, dopo che sono state introdotte le modifiche previste dal piano di miglioramento. In questo modo l'azienda potrà scegliere dove indirizzare i propri sforzi sulla base di ciò che viene misurato, piuttosto che seguire trend di mercato che spesso si rivelano poco aderenti al contesto aziendale. Il percorso è ciclico perché spesso le imprese, soprattutto le PMI, preferiscono introdurre una tecnologia alla volta e valutarne l'effettiva efficacia prima di ricorrere alla tecnologia successiva, al fine di non esporsi a rischi elevati.

Sul piano, invece, degli incentivi governativi a supporto della trasformazione digitale, il primo aspetto sul quale soffermarsi è la mancanza di continuità tra le politiche industriali adottate da un governo e quelle adottate dai governi successivi, i quali spesso abbandonano una policy o la trasformano, rendendo così impossibile il raggiungimento di qualsiasi risultato. Non a caso l'incertezza sulla continuità nel tempo delle misure ha portato molte PMI alla rinuncia a richiedere le agevolazioni previste. Pertanto, occorre adottare politiche industriali di lungo periodo che non risentano dei tempi di vita spesso

troppo brevi delle legislature e che non abbiano alcun colore politico, adattandole e via via riempiendole di contenuto. Dunque, il primo e fondamentale compito dei governi è quello di dare continuità al Piano, in modo tale da permettere alle PMI di affrontare con maggiore serenità investimenti di medio e lungo termine previsti da Industria 4.0. Per quanto riguarda gli strumenti del Piano, il governo ha adottato un sistema di incentivi rigorosamente orizzontali e un approccio di neutralità tecnologica, senza concrete priorità progettuali. È bene ribadire che nel suo complesso tale impostazione ha avuto un impatto positivo sul tessuto industriale italiano. Vi è però la necessità di una sua evoluzione adattativa e più inclusiva. Sarebbe ideale definire delle priorità che indirizzino le PMI verso logiche di investimento non più opportunistiche e legate al beneficio fiscale, come avvenuto in questi anni, bensì strategiche e di lungo periodo, da promuovere in modo differenziato in base ai settori più strategici per il Paese. Inoltre, molte PMI non sono a conoscenza delle principali misure di incentivo, a causa di numero elevato di norme che rendono difficile identificare con esattezza le misure che sono parte del Piano. Sarebbe ideale, dunque, sistemare e razionalizzare tali norme, secondo criteri funzionali. Le risorse disponibili dovranno essere spostate via via su piani strategici superiori secondo una traiettoria di evoluzione tecnologica e strategica: ad esempio passando dalle macchine (Superammortamento) alle macchine connesse (Iperammortamento), e poi da queste ai beni immateriali. Anche sulla burocrazia è fondamentale intervenire, rendendo più snelle le procedure di richiesta degli incentivi e più rapidi i tempi di fruizione dei finanziamenti. Per quanto riguarda invece la governance, la creazione di un organo indipendente dall'alternarsi di ministri e personalità potrebbe rappresentare una migliore garanzia di continuità e operatività. Occorre, inoltre, prevedere una presenza diretta di rappresentanti di grandi imprese nella governance, non solo di enti rappresentativi intermedi, favorendo così un approccio di tipo bottom-up, che permetta di definire meglio le priorità del Piano e di dare maggior ruolo alla partnership pubblico-privata, una strategia molto più allineata a simili iniziative esistenti in Europa, dove le grandi imprese hanno guidato le iniziative insieme ai governi nei confronti delle PMI e sono state motore della trasformazione 4.0. Infine, per permettere alle PMI di accelerare il processo di trasformazione digitale e recuperare il ritardo accumulato in questi anni, è fondamentale promuovere le figure dei Competence Center e dei Digital Innovation Hub, al fine di creare un vero e proprio ecosistema volto a favorire l'innovazione connessa al digitale.

Senza il supporto di tali soggetti le PMI non saranno mai in grado di svincolarsi da una logica puramente opportunistica verso Industria 4.0. I Competence Center e DIH hanno infatti la funzione di sensibilizzare le PMI sulle opportunità connesse all'applicazione delle tecnologie abilitanti, offrendo loro la possibilità di testarle e sperimentarle e supportandole nell'attività di pianificazione degli investimenti, in modo tale che gli incentivi siano considerati nel contesto di una strategia, piuttosto che far prevalere considerazioni di risparmio fiscale. Occorre ragionare su un nuovo approccio che metta al centro i territori e le loro specificità, creando le condizioni affinché le PMI che più soffrono il ritardo tecnologico possano recuperare lo svantaggio accumulato negli anni.
La Pandemia di Covid-19 ha agito da amplificatore e catalizzatore per la trasformazione digitale delle imprese, andando anche a modificare la mentalità e l'approccio delle aziende stesse: queste prima ricercavano l'uso della tecnologia e, in particolare, delle soluzioni di Industry 4.0 principalmente per convenienza, mentre oggi è una condizione imprescindibile sulla strada verso la nuova normalità. È proprio in questo scenario di incertezza che le tecnologie digitali hanno rappresentato un'ancora di salvezza per le imprese, dimostrandosi essenziali per la loro sopravvivenza e garantendo la continuità operativa degli impianti produttivi e delle filiere logistiche. Mai come in questo momento di crisi sanitaria le tecnologie 4.0 hanno giocato un ruolo fondamentale per garantire un'efficace risposta alle sfide poste dalla Pandemia e far fronte alle esigenze di maggiore flessibilità e resilienza dei processi aziendali che il contesto richiede. La trasformazione digitale è diventata una priorità per i governi dei Paesi Europei, costituendo uno dei pilastri principali del *Next Generation EU* (NGEU), un programma lanciato dall'Unione Europea in risposta alla crisi economica innescata dal Covid-19, il quale si propone di rilanciare l'economia europea all'insegna della transizione ecologica, della digitalizzazione, della competitività, della formazione e dell'inclusione sociale. Industria 4.0 costituisce uno dei pilastri su cui si fonda il *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza* sviluppato dal governo Draghi e presentato alla Commissione Europea. Nello specifico, la Componente 2 della *Missione Digitalizzazione* del PNRR si propone di rafforzare la competitività del sistema produttivo italiano accelerando il processo di trasformazione digitale delle imprese, avviato nel 2016, al fine di recuperare il ritardo accumulato negli anni nei confronti dei Paesi Europei, soprattutto per quanto riguarda il comparto delle PMI. Per realizzare ciò si prevede di rafforzare le politiche di incentivazione fiscale e

sviluppare una infrastruttura adeguata per sfruttare a pieno il potenziale delle tecnologie digitali, che richiedono collegamenti veloci e con bassi tempi di latenza. Su tale fronte, il nuovo *Piano Transizione 4.0*, che sostituisce il *Piano Impresa 4.0*, fornisce nuovo impulso alla transizione digitale del tessuto industriale italiano, riconoscendo alle imprese che investono in tecnologie 4.0, ricerca e sviluppo e attività di formazione digitale incentivi di durata biennale, non più annuale, dando così alle imprese la possibilità di programmare gli investimenti in digitale con maggiori sicurezze da parte del governo. I limiti dei Piani precedenti hanno spinto il governo italiano a rivedere alcuni meccanismi e caratteristiche del Piano 4.0. Innanzitutto, è stata data alle misure una maggiore stabilità, programmandole su base biennale, così da garantire alle imprese la possibilità di una pianificazione degli investimenti di medio periodo. Successivamente sono stati introdotti nuovi strumenti di accesso, individuando il credito d'imposta come principale canale. Nello specifico, le misure del Super ed Iper ammortamento sono state convertite in un nuovo credito di imposta 4.0. Mentre le misure del Super ed Iper Ammortamento permettevano di supervalutare, con esclusivo riferimento alla determinazione delle quote di ammortamento, il costo di acquisizione di beni 4.0 e non, lo strumento del credito d'imposta genera un valore di sconto puro su tasse e imposte dovute allo Stato, il cui ammontare dipende dal valore di acquisto del bene. Il credito d'imposta si può considerare come un contributo diretto, con una sola differenza rispetto all'erogazione di un contributo a fondo perduto: il denaro non viene materialmente erogato al beneficiario, ma viene scontato nel momento in cui il beneficiario deve versare denaro, in termini di tasse e imposte, allo Stato. Con questa nuova soluzione il MISE stima un ampliamento dei potenziali beneficiari del 40%, incrementando così significativamente il numero delle PMI che accedono al beneficio. Questo perché con il credito di imposta le misure dovrebbero essere fruibili anche da parte di imprese che non registrano un utile o in regime forfettario. Inoltre, il ricorso al credito d'imposta compensabile in tre anni comporta una riduzione del tempo di rientro dell'incentivo, soprattutto per i beni materiali, per i quali il precedente Iperammortamento prevedeva un periodo medio di ammortamento di otto anni, e un'anticipazione del momento di fruizione. Rispetto al precedente *Piano Impresa 4.0* il MISE stima un recupero di tempo pari a circa sette mesi. Oltre a garantire un ampliamento della platea di beneficiari, il Piano prevede un aumento

significativo delle aliquote. Tali modifiche si traducono in un aumento del contributo statale e una diminuzione dei tempi per incassarlo.

La trasformazione digitale è diventata una priorità per il comparto delle Piccole e Medie Imprese. Durante il 2020 l'emergenza Covid-19 ha portato molte PMI italiane ad avvicinarsi al digitale, in molti casi per la prima volta: e-Commerce, Cloud, robotica, software per collaborazione tra aziende sono solo alcuni degli strumenti che hanno consentito alle PMI di far fronte al repentino crollo della domanda e portare avanti l'operatività aziendale. Questa situazione è destinata a cambiare i paradigmi tradizionali a cui le imprese erano abituate, sia sotto il profilo operativo sia sotto quello organizzativo. Molte aziende hanno apprezzato i benefici apportati dal digitale e vogliono tradurre le procedure sviluppate durante la Pandemia in prassi consolidate, una volta tornate alla normalità. Tuttavia, oltre a rafforzare il valore del paradigma Industry 4.0, la Pandemia ha messo in luce i limiti delle attuali implementazioni realizzate dalle organizzazioni, rendendo ancora più evidenti gap e opportunità relative al digitale già presenti prima che l'emergenza esplodesse. Gran parte delle imprese, in particolare PMI, non erano pronte ad affrontare tale sfida. Le aziende che non avevano iniziato ad adottare le tecnologie dell'Industria 4.0 hanno pagato il prezzo più alto della crisi. Molte imprese si sono trovate a utilizzare dispositivi non aggiornati, potenzialmente più esposti a minacce, sistemi obsoleti, non pensati per essere compatibili con le nuove tecnologie digitali e nuovi strumenti di lavoro, senza però essere adeguatamente formati su quelle che sono le buone pratiche dal punto di vista della gestione dei dati e della sicurezza. È quindi auspicabile un'accelerazione significativa del processo di digitalizzazione delle PMI italiane per non soccombere e riuscire a rilanciare la competitività dell'industria italiana sui mercati nazionali e internazionali, una volta tornati alla normalità.

Bibliografia e sitografia

Capitolo 1

[1] A. Martin, «*Industria 4.0, Sfide e Opportunità per il Made in Italy. Tecnologie. Scenari. Casi di Successo*» Seconda edizione, Padova, Editoriale Delfino, 2019

[2] H. Kagermann, W. Wahlster, J. Helbig, «*Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for Implementing the strategic initiative*», INDUSTRIE 4.0 GESTALTUNG, HEILMEYERUNDSERNAU, 2013

[3] Platform Industrie 4.0, «*White paper: "Industrie 4.0" ("Industry 4.0")* », 2014

[4] European Parlament, Directorate General for Internal Policies, Policy Department A, «*Industry 4.0*», 2016

[5] G. Vitali, «*Industria 4.0. Uomini e macchine nella fabbrica digitale*», Edizioni Guerini e Associati, 2016

[6] EUROPEAN COMMISSION, «*A European strategy for Key Enabling Technologies – A bridge to growth and jobs*», Brussels, 26.6.2012

[7] A. Martin, «*Industria 4.0, Sfide e Opportunità per il Made in Italy. Tecnologie. Scenari. Casi di Successo*» Seconda edizione, Padova, Editoriale Delfino, 2019

[8] A. Bonomi, «*Le tecnologie di Industria 4.0*», CNR-IRCRES, 2018

[9] A. Martin, «*Industria 4.0, Sfide e Opportunità per il Made in Italy. Tecnologie. Scenari. Casi di Successo*» Seconda edizione, Padova, Editoriale Delfino, 2019

[10] American Barcode and RFID, «*What is RFID and how does RFID work?*», 2020

[11],[12],[13] A. Martin, «*Industria 4.0, Sfide e Opportunità per il Made in Italy. Tecnologie. Scenari. Casi di Successo*» Seconda edizione, Padova, Editoriale Delfino, 2019

[14] A. Coppeta-Hopenly, «*Cosa si intende per Big Data?*»,2017

[15] Osservatorio Big Data Analytics, «*Le 5V dei Big Data: dal volume al valore*», 2019

[16],[17],[18],[19],[20] A. Martin, «*Industria 4.0, Sfide e Opportunità per il Made in Italy.Tecnologie. Scenari. Casi di Successo*» Seconda edizione, Padova, Editoriale Delfino, 2019

[21] Intelligenza Artificiale-il portale dedicato all'Intelligenza Artificiale, *«Intelligenza Artificiale Forte e Debole*», 2018

[22] Oracle Italia, «*Cos'è il Machine Learning?*», 2021

[23] A. Martin, «*Industria 4.0, Sfide e Opportunità per il Made in Italy. Tecnologie. Scenari. Casi di Successo*» Seconda edizione, Padova, Editoriale Delfino, 2019

[24] G. Cervelli, S. Pira, L. Trivelli, «*Industria 4.0 senza slogan*», Fondazione Giacomo Brodolini, 2017

[25],[26],[27],[28] A. Martin, «*Industria 4.0, Sfide e Opportunità per il Made in Italy. Tecnologie. Scenari. Casi di Successo*» Seconda edizione, Padova, Editoriale Delfino, 2019

[29] G. Cervelli, S. Pira, L. Trivelli, «*Industria 4.0 senza slogan*», Fondazione Giacomo Brodolini, 2017

[30],[31],[32],[33] A. Martin, «*Industria 4.0, Sfide e Opportunità per il Made in Italy. Tecnologie. Scenari. Casi di Successo*» Seconda edizione, Padova, Editoriale Delfino, 2019

[34] Polaris Engineering, «*Cyber Security: sicurezza e privacy per imprese Industria 4.0*», 2021

[35],[36] G. Cervelli, S. Pira, L. Trivelli, «*Industria 4.0 senza slogan*», Fondazione Giacomo Brodolini, 2017

[37] M. Porter, J. Heppelmann**,** «*How Smart, Connected Products Are Transforming Competition*», Novembre 2014

[38],[39],[40] G. Cervelli, S. Pira, L. Trivelli, «*Industria 4.0 senza slogan*», Fondazione Giacomo Brodolini, 2017

Capitolo 2

[41], [42], [43] ISTAT, «*Rapporto sulla Competitività dei Settori Produttivi*», 2020

[44] Confindustria Servizi, «*Dove va l'Industria Italiana*», 2019

[45], [46] ISTAT, «*Rapporto sulla Competitività dei Settori Produttivi*», 2020

[47], [48], [49] Confindustria Servizi, «*Dove va l'Industria Italiana*», 2019

[50] Commissione Europea, «*HORIZON 2020»,* 2014

[51] Confindustria Servizi, «*Dove va l'Industria Italiana*», 2019

[52] Camera dei deputati-Servizio Studi-XVIII Legislatura, «*Impresa 4.0*», 2 Ottobre 2019

[53] X Commissione attività produttive, «*INDAGINE CONOSCITIVA SU «INDUSTRIA 4.0»: QUALE MODELLO APPLICARE AL TESSUTO INDUSTRIALE ITALIANO. STRUMENTI PER FAVORIRE LA DIGITALIZZAZIONE DELLE FILIERE INDUSTRIALI NAZIONALI*», 2016

[54] Camera dei deputati-Servizio Studi-XVIII Legislatura, «*Impresa 4.0*», 2 Ottobre 2019

[55], [56], [57], [57], [58] Camera dei deputati, «*IL PIANO INDUSTRIA 4.0: MISURE PREVISTE NELLA XVII LEGISLATURA*», *2016*

[59], [60], [61], [62], [63], [64] MISE, «*Piano Nazionale Industria 4.0*», 2016

[65], [66], [67], [68], [69], [70], [71] MISE, «*Piano Nazionale Industria 4.0*», 2016

[72], [73] E. Prodi, F. Seghezzi, M. Tiraboschi, «*Il piano Industria 4.0 un anno dopo: Analisi e prospettive future*», ADAPT, 2017

[74], [75] MISE, «*Centri di competenza ad alta specializzazione*», 2021

[76] E. Prodi, F. Seghezzi, M. Tiraboschi, «*Il piano Industria 4.0 un anno dopo: Analisi e prospettive future*», ADAPT, 2017

[77], [78] Business Insider, «*Banda Ultralarga in Italia: un fallimento forse ma discreto successo*», 25/08/2020

[79], [80] MISE, «*Strategia per la Banda Ultralarga*», 2021

[81], [82], [83], [84], [85], [86], [87] Camera dei deputati-Servizio Studi-XVIII Legislatura, «*Impresa 4.0*», 2 Ottobre 2019

[88] MISE, «*Centri di competenza ad alta specializzazione*», 2021

[89] https://cim40.com/chi-siamo/

[90],[91] Camera dei deputati-Servizio Studi-XVIII Legislatura, «*Impresa 4.0*», 2 Ottobre 2019

[92], [93], [94], [95], [96], [97] MISE-MET, «*Diffusione delle imprese 4.0 e le politiche: evidenze 2017*», luglio 2018

[98] ISTAT, «*Rapporto sulla Competitività dei Settori Produttivi*», 2018

[99], [100] Confindustria Servizi, «*Dove va l'Industria Italiana*», 2019

[101], [102] Osservatorio Transizione Industria 4.0, «*INDUSTRIA 4.0: BUSINESS SCENARIO E CASE HISTORY*», 23/10/19

[103], [104], [105] Osservatorio Transizione Industria 4.0, «*INDUSTRIA 4.0: BUSINESS SCENARIO*», 25/11/20

[106] Business Insider, «*Banda Ultralarga in Italia: un fallimento forse ma discreto successo*», 25/08/2020

[107] Osservatorio Transizione Industria 4.0, «*INDUSTRIA 4.0: BUSINESS SCENARIO*», 25/11/20

[108] Centro Studi Confindustria, «*Crescono gli occupati grazie agli investimenti agevolati in tecnologie 4.0*», 12/08/2020

[109] G. Capuano e M. Capuano, «*Aspetti metodologici ed evidenze empiriche della valutazione d'impatto di "Impresa 4.0" nel settore manifatturiero italiano*», 2020

[110] Osservatorio Transizione Industria 4.0, «*INDUSTRIA 4.0: BUSINESS SCENARIO*», 25/11/20

[111] Confindustria Servizi, «*Dove va l'Industria Italiana*», 2019

[112] Deloitte, «*Italia 4.0: siamo pronti? Il percepito degli executive in merito agli impatti economici, tecnologici e sociali delle nuove tecnologie*», 2018

Capitolo 3

[113] Cerved, «*Rapporto Cerved 2020*», 2020

[114] ISTAT, «*Le imprese usano il web ma solo le grandi integrano tecnologie più avanzate*», 2020

[115] Osservatorio Transizione Industria 4.0, «*La digitalizzazione nelle PMI italiane*», 2019

[116] Marco Scotti, «*L'IIoT sta diventando grande, ma alle pmi serve… una spinta in più*», 5/03/2021

[117] ISTAT, «*Le imprese usano il web ma solo le grandi integrano tecnologie più avanzate*», 2020

[118] Cerved, «*Rapporto Cerved 2020*», 2020

[119] Osservatorio Transizione Industria 4.0, «*La maturità digitale delle PMI: una scommessa per il Paese*», 12/02/2020

[120] Osservatorio Transizione Industria 4.0, «*PMI e Industria 4.0*», 21/12/2018

[121], [122] Osservatorio Transizione Industria 4.0, «*PMI e Industria 4.0*», 7/11/2019

[123] G. Cervelli, S. Pira, L. Trivelli, «*Industria 4.0 senza slogan*», Fondazione Giacomo Brodolini, 2017

[124], [125] Cerved, «*Rapporto Cerved 2020*», 2020

[126], [127] Osservatorio Transizione Industria 4.0, «*PMI e Industria 4.0*», 7/11/2019

[128] Osservatorio Transizione Industria 4.0, «*La digitalizzazione nelle PMI italiane*», 2019

[129] Osservatorio Transizione Industria 4.0, «*PMI e Industria 4.0*», 7/11/2019

[130] AmCham Italy, «*Il futuro di Industry 4.0 in Italia*», giugno 2018

[131] MISE, «*Relazione sugli Interventi di Sostegno alle Attività Economiche e Produttive*», 2020

[132], [133], [134], [135], [136] Osservatorio Transizione Industria 4.0, «*PMI e Industria 4.0*», 7/11/2019

[137] G. Cervelli, S. Pira, L. Trivelli., «*Industria 4.0 senza slogan*», Fondazione Giacomo Brodolini, 2017

[138] AmCham Italy, «*Il futuro di Industry 4.0 in Italia*», giugno 2018

[139], [140] E. Prodi, F. Seghezzi, M. Tiraboschi, «*Il piano Industria 4.0 un anno dopo: Analisi e prospettive future*», ADAPT, 2017

Capitolo 4

[141] Deloitte, «*L'importanza di un approccio ecosistemico alle iniziative di Industry 4.0: una fotografia del settore manifatturiero italiano*», 2020

[142] S. Mantegazza, NTT Data, «*Industria 4.0: paradigma necessario per la ripartenza del settore manifatturiero*», Marzo 2021

[143] Deloitte, «*L'importanza di un approccio ecosistemico alle iniziative di Industry 4.0: una fotografia del settore manifatturiero italiano*», 2020

[144] Osservatorio Internet of Things, «*L'Internet of Things ai tempi del Covid-19: servizi di valore per cittadini e imprese*», 2020

[145] Osservatorio Transizione Industria 4.0, «*INDUSTRIA 4.0: BUSINESS SCENARIO*», 25/11/20

[146] Osservatorio Big Data & Business Analytics, «*Big Data nella gestione delle emergenze: un approfondimento dei casi d'uso*», 2020

[147] Osservatorio Digitale B2b, «*Covid-19: l'emergenza affrontata dalle aziende*», 2020

[148] Osservatorio Cloud Transformation, «*Cloud per garantire continuità operativa in un contesto emergenziale: come cambia la sensibilità delle aziende verso il Cloud*», 2020

[149] Osservatorio Innovazione digitale nelle PMI, «*Covid-19: il digitale a supporto delle PMI*», 2021

[150] Deloitte, «*L'importanza di un approccio ecosistemico alle iniziative di Industry 4.0: una fotografia del settore manifatturiero italiano*», 2020

[151], [152] «*Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*», 2021

[153] Commissione Europea, «*Digital Economy and Society Index (DESI) 2020*», 2020

[154] «*Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*», 2021

[155] MISE, «*Piano Transizione 4.0*», 2020

[156] PMI.it, «*Credito di imposta: come funziona ed esempio*», 2021

[157] SAEF, «*Guida al credito d'imposta per l'acquisto di beni strumentali 4.0 (Ex Iperammortamento)*», 2020

[158] Mise, «*Piano Transizione 4.0*», 2020

[159], [160] SAEF, «*Guida al credito d'imposta per l'acquisto di beni strumentali 4.0 (Ex Iperammortamento)*», 2020

[161], [162], [163], [164], [165], [166], [167] Mise, «*Piano Transizione 4.0*», 2020

Ringraziamenti

Ci tengo a ringraziare il mio relatore, Prof. Silvano Guelfi, che con grande professionalità, disponibilità e gentilezza mi ha seguito per tutta la durata del lavoro di tesi.

A Mia Madre e Mio Padre, colonne portanti della mia vita, senza i quali questo giorno non sarebbe mai arrivato. Mi avete supportato in ogni singolo momento di questo percorso e permesso di affrontarlo con serenità e determinazione. Non l'ho mai dato per scontato. GRAZIE PER TUTTO

A Giorgia, mio punto di riferimento, che mi supporta (e sopporta) da ben nove anni. Riesci a trasformare qualsiasi difficoltà da "macigno" a "sassolino", merito della splendida personalità che hai e della bella persona che sei. Non avrei potuto desiderare compagna migliore al mio fianco. Spero di riuscire a fare almeno la metà di quello che fai tu per me. GRAZIE

Ai miei AMICI. Con voi ogni "problema", momento di stress, difficoltà, passa subito in secondo piano, lasciando spazio alla spensieratezza e all'allegria. E così è stato anche durante questo percorso universitario. Grazie per i tanti momenti felici che mi avete regalato e continuate a regalarmi.