Laurea in Engineering and Management

Master Thesis

L'avvicinamento delle PMI al paradigma di Industria 4.0

Come costruire la consapevolezza delle opportunità esistenti

Relatore

Prof. Paolo Neirotti

Correlatore

Prof.ssa Elisabetta Raguseo

Candidato

Paolo Spiccia

Indice

Capitolo I - Introduzione 1

1.1 Background 1

1.2 Ambito e obiettivi della tesi 4

1.3 Struttura della tesi 6

Capitolo II - Industria 4.0 e le tecnologie abilitanti 9

2.1 Le grandi trasformazioni dell'Industria 9

2.1.1 La prima rivoluzione industriale 10

2.1.2 La seconda rivoluzione industriale 11

2.1.3 La terza rivoluzione industriale 11

2.2 Industria 4.0 12

2.3 Le tecnologie abilitanti Industria 4.0 16

2.3.1 Internet of Things (IoT) 16

2.3.2 Big Data 21

2.3.3 Cloud computing 23

2.3.4 Robotica 26

2.3.5 Manifattura additiva 26

2.3.6 Realtà aumentata e realtà virtuale 30

2.4 Conclusioni 31

Capitolo III - I prerequisiti e i risvolti di Industria 4.0 33

3.1 I prerequisiti per le iniziative su Industria 4.0 34

3.1.1 La standardizzazione 36

3.1.2 L'innovazione dei modelli di business 38

3.1.3 La formazione delle risorse umane 44

3.1.4 La sicurezza nell'era digitale 46
3.2 Le conseguenze della digitalizzazione 49
3.2.1 Le conseguenze sul mondo del lavoro 50
3.2.2 Dal prodotto al servizio 53
3.3 Conclusioni 54
Capitolo IV - Le politiche europee su Industria 4.0 57
4.1 Le caratteristiche dei piani su Industria 4.0 nell' Unione Europea 58
4.1.1 Gli obiettivi strategici 60
4.1.2 Le fonti di finanziamento 62
4.1.3 Risultati 62
4.2 Lezioni apprese dalle iniziative nazionali su I4.0 66
4.2.1 I fattori che guidano le iniziative I4.0 67
4.2.2 Gli ostacoli affrontati 68
4.2.3 Analisi SWOT delle politiche industriali 68
4.3 Il piano Industria 4.0 in Italia 69
4.4 Conclusioni 71
Capitolo V - Le strategie comunicative 73
5.1 Il piano High Tech Strategy in Germania 73
5.1.1 I centri Fraunhofer 75
5.1.2 L'assessment delle tecnologie laser per le PMI – Il centro di competenza Lashare 75
5.2 Il progetto Catapult nel Regno Unito 76
5.2.1 I canali di comunicazione 78
5.2.2 Presenza sui canali Internet-based 79
5.2.3 Modalità di coinvolgimento delle imprese partner 81

5.2.4 I casi di studio 82
Alimentazione di edifici tramite vetture elettriche [96] 86
5.3 Conclusioni 88
Capitolo VI – Industria 4.0 e le PMI 89
6.2 Le difficoltà delle PMI nell'implementare i principi di Industria 4.0 90
6.2.1 PMI e innovazione: una relazione non facile 91
6.3 L'importanza della capacità di assorbimento di nuove conoscenze 92
6.4 La comunicazione su Industria 4.0 97
6.5 Le pratiche comunicative su Industria 4.0 98
6.5.1 I canali informativi 99
6.5.2 I contenuti diffusi su Industria 4.0 101
6.6 Il progetto di digital readiness assessment piemontese 103
6.6.1 Lo strumento di audit tecnologico 103
6.6.3 Lo strumento di digital readiness assessment creato dal Politecnico di Torino 105
6.6.4 Descrizione del campione 106
6.6.5 Considerazioni emerse 108
6.7 Conclusioni 119
Capitolo VII – Conclusioni 121
Bibliografia 125

Elenco delle figure

Figura 1. Contributo delle PMI all'occupazione – per categorie di reddito 2
Figura 2. Contributo delle PMI al prodotto interno lordo – per categorie di reddito 3
Figura 3. Le tecnologie abilitanti le quattro rivoluzioni industriali 15
Figura 4. Le 3V dei Big Data, ampliate successivamente a 5 23
Figura 5. Gli attori del cloud computing 25
Figura 6. Flowchart per la prototipazione rapida 27
Figura 7. Un esempio di realtà aumentata - prospettiva di un dipendente 31
Figura 8. Share della produzione manifatturiera nella UE, 2000-2011 33
Figura 9. I requisiti più importanti nel successo delle iniziative su I4.0 34
Figura 10. L'innovazione dei business model 40
Figura 11. Fresa TiTan Rippa per le lavorazioni delle leghe di titanio 85
Figura 12. Il veicolo Bloodhound progettato per abbattere il record di velocità terrestre 87
Figura 13. Confronto tra i livelli di consapevolezza del campione e delle aziende a livello nazionale 107
Figura 14. Dati di fatturato e di investimento in R&S del campione 107
Figura 15. Investimenti in ricerca e sviluppo 108
Figura 16. Livello medio di utilizzo delle tecnologie abilitanti I4.0 espresso su scala 1-5 110
Figura 17. Distribuzione percentuale nell'impiego delle tecnologie di Industria 4.0 ... 110
Figura 18. Distribuzione delle aziende lungo le dimensioni: numero dipendenti e conoscenza delle tecnologie abilitanti (scala 1-5), con linea rappresentante il trend ... 111
Figura 19. Posizionamento aziende rispetto ai mercati di riferimento e da esplorare .. 113
Figura 20. Classificazione delle aziende in base al posizionamento sui mercati 114
Figura 21. Correlazione tra il grado di digitalizzazione del campione e il focus sui mercati in cui le imprese sono già presenti 115

Figura 22. Correlazione tra il grado di digitalizzazione del campione e l'esplorazione di nuovi mercati 115
Figura 23. Importanza degli attori nell'influenzare le strategie su Industria 4.0, dove il valore 5 indica molto importanza, 1 poca importanza..... 117
Figura 24. Importanza degli attori nell'influenzare le strategie su Industria 4.0 delle 8 PMI col punteggio di readiness tecnologica più alto..... 118

Elenco delle tabelle

Tabella 1. Contributo delle PMI all'occupazione, per zona – Valori cumulati della mediana [3] 2
Tabella 2. I benefici relativi a IIoT e le relative spiegazioni 20
Tabella 3. Organizzazione dei processi – Impatto sul business model 41
Tabella 4. Miglioramento della relazione col cliente – Impatto sul business model..... 42
Tabella 5. Nuovi ecosistemi e reti di valore – Impatto sul business model 43
Tabella 6. Prodotti e servizi smart - Impatto sul business model 44
Tabella 7. Analisi SWOT di Industria 4.0 55
Tabella 8. Dati chiave delle politiche europee su Industria 4.0 59
Tabella 9. Focus strategico e tecnologico 61
Tabella 10. Nomi iniziative nazionali e risultati 63
Tabella 11. Fornitura e domanda delle competenze digitali nell' Unione Europea 65
Tabella 12. Correlazione tra fornitura e domanda di abilità digitali e la capacità di implementare le nuove tecnologie 66
Tabella 13. Fattori trainanti le politiche nazionali su Industria 4.0 68
Tabella 14. Confronto rilevanza attori in scelte I4.0 tra campione completo e campione ristretto 118

Capitolo I - Introduzione

Il tema al centro di questo elaborato è la trasformazione digitale che sta avvenendo nell'industria e che è spesso identificata con il termine Industria 4.0. L'elaborato si focalizza sulle piccole-medie imprese per comprendere come stiano affrontando questo passaggio evolutivo e di cosa necessitino per gestirlo efficacemente. Le PMI sono, infatti, la spina dorsale dell'industria italiana e sono anche il soggetto di un progetto piemontese da cui nasce questo elaborato.

La prima sezione fornisce un quadro internazionale delle piccole e medie imprese per poi soffermarsi sulla situazione italiana. Le sezioni seguenti affrontano il contesto in cui è stato sviluppato il lavoro di tesi, gli obiettivi da essa perseguita e, infine, l'organizzazione seguita nei capitoli successivi.

1.1 Background

Le piccole e le medie imprese (PMI) si stima che costituiscano più del 95% delle imprese nel mondo, e occupano approssimativamente il 60% dei lavoratori nel settore privato [1]. L'Italia è uno dei Paesi con la proporzione di PMI più alta tra i Paesi industrializzati, ammontando al 99,9% di tutte le imprese [2]. Delle stime del 2012, riportate in Tabella 1, mostrano l'importanza delle PMI per l'occupazione, dove PMI 100 indica le aziende che impiegano meno di 100 persone, PMI 150 meno di 150 e così via. Soltanto in Europa le piccolo-medie imprese sono il 99,8% di tutte le imprese, impiegano il 67% di tutti i lavoratori e contribuiscono al 58% del valore aggiunto lordo. Il contributo delle PMI è importante sia nei Paesi a basso reddito sia in quelli industrialmente avanzati, come mostrato nelle figure seguenti [3], dove le PMI contribuiscono al 65% del prodotto interno lordo, e quasi all'80% dell'occupazione.

Le PMI sono anche un'importante risorsa innovativa, in buona parte grazie alle relazioni con i partner più grandi. Quelle che entrano nelle *supply chain* delle grandi organizzazioni sono stimolate a innovare e a migliorare il loro capitale umano e tecnologico, migliorando

di conseguenza le loro performance produttive. Il contributo delle PMI al prodotto interno lordo globale ammonta al 52% del valore aggiunto nel settore privato [4].

Mediana tra le regioni	PMI 100	PMI 150	PMI 200	PMI 250	PMI 300	PMI 500
Africa	54,77	63,79	68,15	76,85	80,56	85,11
America latina	53,72	56,71	64,36	67,77	70,99	78,26
Asia dell'est e Pacifico	56,79	61,58	67,42	65,70	71,34	71,34
Europa e Asia centrale	44,71	53,08	59,46	66,32	67,48	75,47
Medio Oriente e nord Africa	31,20	48,10	36,63	57,31	58,56	62,30
Nord America	41,73	39,34	41,99	NA	59,27	56,58
Regioni Asia del sud	56,68	65,29	73,63	78,00	80,26	88,55

TABELLA 1. CONTRIBUTO DELLE PMI ALL'OCCUPAZIONE, PER ZONA – VALORI CUMULATI DELLA MEDIANA [3]

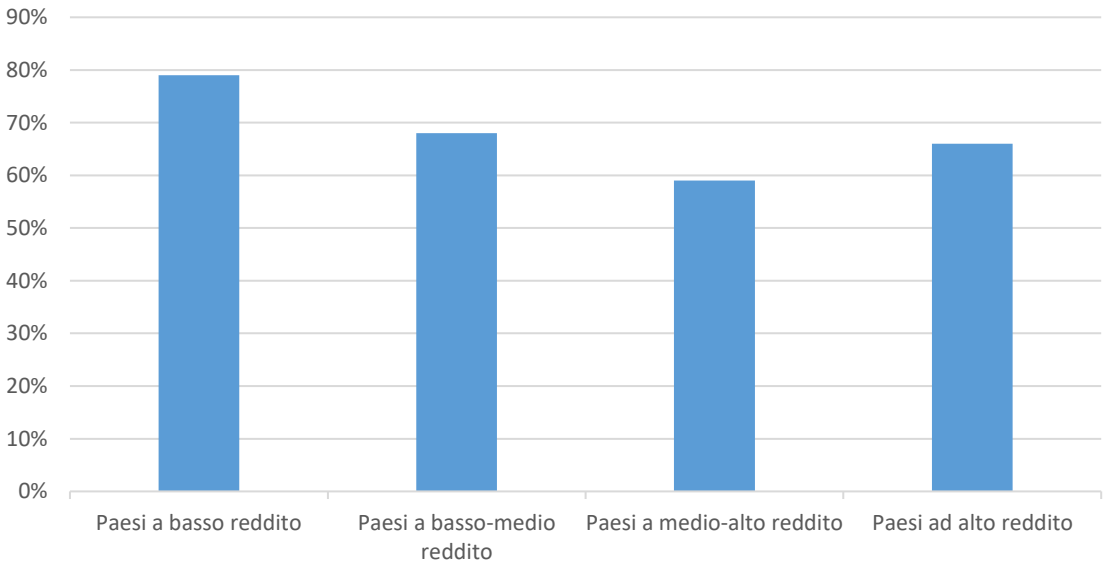

FIGURA 1. CONTRIBUTO DELLE PMI ALL'OCCUPAZIONE – PER CATEGORIE DI REDDITO

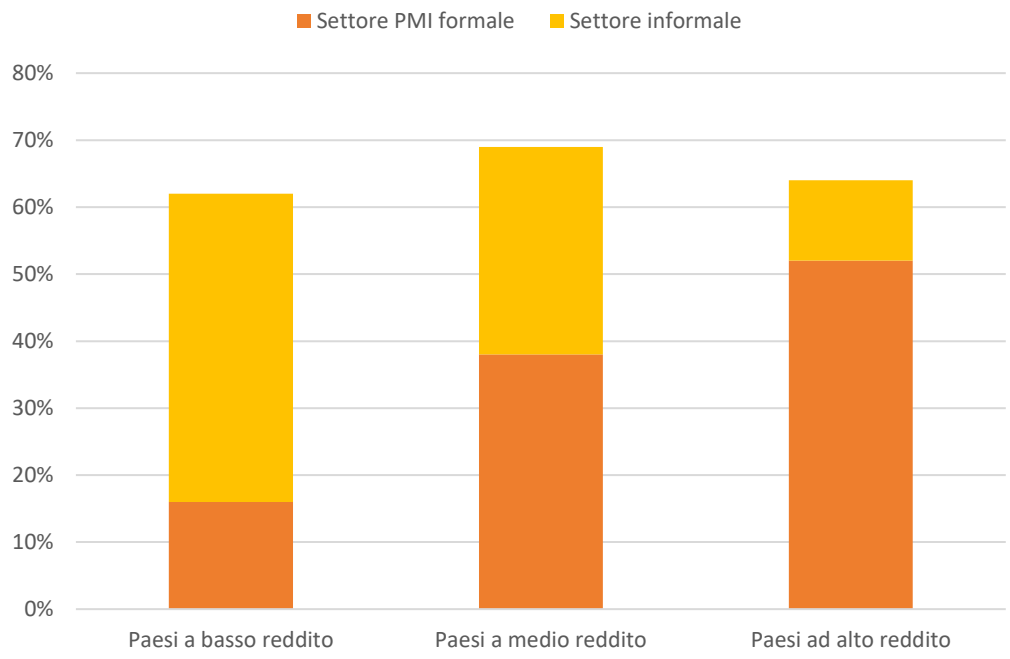

FIGURA 2. CONTRIBUTO DELLE PMI AL PRODOTTO INTERNO LORDO – PER CATEGORIE DI REDDITO

Le piccole e le medie imprese in Italia costituiscono la spina dorsale dell'industria. Come menzionato sopra, costituiscono il 99,9% di tutte le imprese, ammontando a 140,362 società nel 2016. Di queste 115,772 sono di piccola dimensione e 24,859 di media dimensione [5]. Esse impiegano 3,9 milioni di lavoratori (2,1 milioni impiegati in quelle piccole, 1,8 in quelle medie). Il giro di affari che producono si aggira sugli 871 miliardi di euro, con un valore aggiunto di 204 miliardi, che corrisponde al 12,4% del PIL.

Dopo la crisi economico-finanziaria che ha colpito i mercati mondiali, compreso quello italiano, nel periodo 2008-2009, c'è stata una forte riduzione del numero di PMI che nel periodo ante-crisi ammontavano a circa 140 mila e hanno toccato il minimo storico nel 2014, con 136 mila aziende operanti, una riduzione del 10%. L'inversione di tendenza si è verificata nel 2015 quando il numero è tornato a crescere, confermando il trend positivo anche l'anno successivo [5].

Per consolidare questa crescita e migliorare il loro grado di competitività e internazionalizzazione, il Governo italiano ha varato nel 2017 un piano di digitalizzazione chiamato "Piano Industria 4.0" che nel primo semestre di applicazione ha già prodotto risultati importanti in termini di investimenti in risorse materiali e immateriali (e.g.

software, sistemi informatici), e in ricerca e sviluppo. Lo stimolo all'innovazione è avvenuto con una serie di incentivi:

- *Iper e super-ammortamento* - fino al 250% di ammortamento sull'acquisto di beni/infrastrutture;
- *Beni strumentali*;
- *Fondo di garanzia*;
- *Credito d'imposta R&S* - per incentivare la ricerca;
- *Stimolo alla formazione di startup e PMI innovative*;
- *Patent box* - per semplificare e potenziare la protezione dei brevetti.

Seppure i dati fin qui raccolti sul Piano Industria 4.0 presentino un quadro incoraggiante, è altresì vero che molte aziende italiane non abbiano compreso le potenzialità collegate alla digitalizzazione e operino secondo schemi classici. In particolare, nelle PMI si denotano le difficoltà più grandi a comprendere e a implementare le tecnologie di Industria 4.0 per diversi motivi, tra cui i rischi legati agli investimenti in strumenti ancora poco noti e la scarsità di personale qualificato a operare sulle nuove tecnologie.

L'obiettivo della tesi è quello di presentare un quadro europeo delle iniziative attive su Industria 4.0, comprenderne i meccanismi di comunicazione e di sensibilizzazione verso le aziende che sono svolti attraverso vari canali, tra cui i centri di competenza che assistono le aziende nella sperimentazione delle nuove soluzioni, e, infine, analizzare attraverso i risultati di un'indagine svolta sul territorio piemontese la *readiness* tecnologica, gestionale e organizzativa di un campione di PMI, a seguire il processo di digitalizzazione.

1.2 Ambito e obiettivi della tesi

La tesi si compone di due parti principali. La prima consiste nello studio della letteratura inerente a Industria 4.0; alle tecnologie che abilitano questo modello (e.g. cloud computing, realtà virtuale, big data); ai prerequisiti per la sua implementazione e alle conseguenze sul piano economico, lavorativo e sociale di tale modello; alle politiche digitali perseguite dall'Italia e dagli altri Paesi europei. Inoltre, verrà dedicato ampio

spazio alle iniziative di sensibilizzazione in chiave Industria 4.0 che stanno raccogliendo notevoli successi in altri Paesi e che possono essere dei validi riferimenti per i piani italiani. Verrà effettuata un'analisi delle pratiche comunicative e di sensibilizzazione svolte su Industria 4.0 per individuare delle *best practice* e metterle a confronto con le strategie comunicative italiane.

In un workshop tenutosi presso la sede di Skillab, uno degli enti coinvolti dal progetto di *assessment* di un campione di PMI piemontesi, sono emerse le pratiche comunicative messe in campo dalle associazioni industriali piemontesi per coinvolgere e stimolare gli imprenditori del territorio nella trasformazione digitale. Seppure non manchino le iniziative di un certo rilievo e con buoni riscontri in termini di partecipazione e di visibilità, è stata opinione diffusa quella di non disporre degli strumenti adeguati e delle competenze necessarie per poter dispiegare una strategia comunicativa efficace. La tesi sviluppa questo tema riportando dei casi di studio del Regno Unito e della Germania, dove sono operanti da diversi anni dei centri per la manifattura che aiutano le aziende a apprendere nuove conoscenze e a innovare i propri processi, nonché l'offerta di prodotti/servizi. Molte di queste iniziative sono pensate appositamente per le PMI, e ciò è di estrema importanza visto che questa è la tipologia di azienda più diffusa in Italia [6] e molte lezioni possono essere apprese in tal senso.

La seconda parte della tesi si è sviluppata all'interno di un progetto territoriale piemontese finanziato dall'organizzazione Fondirigenti e avente come oggetto di studio 28 piccole-medie imprese operanti in svariati settori industriali. L'obiettivo del progetto era di valutare la *readiness* di queste imprese a intraprendere un percorso di digitalizzazione, sottoponendole a degli audit che sono consistiti in delle visite aziendali durante le quali è stato chiesto ai responsabili delle varie funzioni operative di rispondere alle domande di un questionario ideato e progettato dal Politecnico di Torino. I temi dei quesiti spaziavano nelle seguenti aree:

- Auto-compilazione;
- Struttura, organizzazione e strategia;
- Strategie di ricerca, sviluppo e innovazione per Industria 4.0;
- Cultura aziendale;

- Progettazione e ingegneria;
- Smart product
- Produzione;
- Supply chain;
- Logistica interna;
- Qualità;
- Manutenzione;
- Risorse umane;
- Marketing, customer care e vendite, e
- Sistemi informativi.

Dalle risposte sono stati estrapolati un'analisi qualitativa in cui venivano riportati i punti di forza, di debolezza relativi a ciascuna impresa, e le linee di intervento, ossia dei consigli pratici su come gestire e superare le criticità; e un'analisi quantitativa in cui era fornito un punteggio per tre dimensioni chiave aziendali: gestionale, organizzativa e tecnologica. Il mio lavoro in questa parte del progetto è consistito nello studio delle domande del questionario per individuare quelle consone ai fini del calcolo dei punteggi, nella conversione dei punteggi associati alle domande su una scala con valori compresi nell'intervallo 1-5 (dove 1 rappresenta il risultato peggiore e 5 il risultato migliore), nell'associazione delle domande a una o più delle dimensioni individuate sopra (gestionale, organizzativa e/o tecnologica), nel calcolo dei punteggi e nella creazione di grafici riassuntivi.

1.3 Struttura della tesi

La tesi è organizzata in 7 capitoli. Il capitolo 2 serve da introduzione al concetto di Industria 4.0 Essendo ampiamente considerato dalla letteratura scientifica un nuovo paradigma industriale che cambierà il modo di intendere la produzione, nonché tutte le tematiche ad essa collegate, è stata messa in relazione questa trasformazione con quelle avvenute nel passato, a partire dalla fine del diciottesimo secolo, e che sono identificate come "Rivoluzioni industriali". Dopo un'opportuna disamina di queste, verrà dedicato

ampio spazio alle tecnologie che abilitano la digitalizzazione moderna delle imprese (e.g. *Internet of Things, Big data*).

Il capitolo 3 affronta i macro-temi legati a Industria 4.0, quali, per esempio, l'impatto sul mondo del lavoro (e.g. come cambieranno le professioni e la disoccupazione causata dall'automazione dei processi verrà assorbita da nuove occupazioni in altri ambiti/aree funzionali?), le condizioni affinché il paradigma possa prendere piede (e.g. standardizzazione dei sistemi e delle interfacce tecnologiche), il tema della sicurezza e della protezione dei dati, il passaggio da un'offerta centrata sul prodotto a una integrata coi servizi.

Il capitolo 4 fornisce un quadro generale delle strategie di digitalizzazione intraprese da alcuni Paesi europei, tra cui l'Italia. Esso riporta le caratteristiche comuni ai piani, gli obiettivi strategici perseguiti, le fonti di finanziamento individuate (pubbliche e private), gli *outcome* delle iniziative nazionali e le lezioni che è possibile apprendere da esse, e gli ostacoli incontrati nell'attuazione dei piani.

Nel capitolo 5 si parla delle iniziative piemontesi su I4.0, in particolare a livello comunicativo, mettendole a confronto con quelle di Germania e Regno Unito e presentando anche una serie di casi di studio di successo, nati dalla collaborazione tra le aziende e i centri di competenza inglesi. Verrà dedicato anche ampio spazio alle iniziative a sostegno delle piccole-medie imprese per facilitarne la transizione a Industria 4.0.

Il capitolo 6 introduce la metodologia utilizzata per l'effettuazione degli audit, la compilazione del questionario e l'estrapolazione dei punteggi lungo le dimensioni organizzativa, tecnologica e gestionale. Segue un'analisi dei risultati prodotti, mettendoli a confronto con gli studi qualitativi prodotti (i.e. punti di forza, di debolezza e le linee di intervento relativi alle aree funzionali), e delle riflessioni sull'efficacia dello strumento audit per sensibilizzare le aziende sul tema della *digitization*. Infine, vengono trattati gli sviluppi del progetto che acquisirà una natura sistematica e coinvolgerà nelle intenzioni dei promotori un numero crescente di imprese.

Infine, il capitolo finale riassume i concetti e i risultati emersi nella tesi e fornisce una previsione su come questi possano essere ulteriormente sviluppati.

Capitolo II - Industria 4.0 e le tecnologie abilitanti

Questo capitolo ha come finalità di introdurre il lettore ai cambiamenti tecnologici che stanno interessando il settore manifatturiero e industriale nella sua più larga concezione. Per questo motivo è opportuno sottolineare la parentela di questa svolta industriale con le precedenti trasformazioni che hanno avuto un impatto straordinario sul modo di concepire e intendere la produzione. Si tratta delle rivoluzioni industriali che si sono svolte a partire dalla fine del diciottesimo secolo fino ai giorni nostri, con quella che attualmente è considerata essere la quarta rivoluzione industriale, già ribattezzata Industria 4.0.

Dopo una prima presentazione dell'evoluzione tecnologica intercorsa nell'arco di più di due secoli, l'attenzione si sposterà sul panorama industriale contemporaneo, in cui verrà fornita una definizione di Industria 4.0 e la descrizione delle tecnologie che abilitano questo modello.

2.1 Le grandi trasformazioni dell'Industria

A partire dal 1700, si sono susseguite delle fasi di profondo mutamento del mondo industriale e produttivo. L'economia, prima basata principalmente sull'agricoltura e sul lavoro umano, passò rapidamente a un modello in cui la struttura portante erano la fabbrica e le macchine in essa impiegate. La popolazione delle città aumentò considerevolmente in risposta alla crescente domanda di lavoro delle fabbriche e la prestazione lavorativa iniziò a essere remunerata con forme moderne.

Nelle sezioni seguenti sono riportate in ordine cronologico le tre rivoluzioni che hanno segnato la storia dell'industria per la portata dei loro effetti sulle performance e sulle strutture organizzative delle aziende, ma soprattutto hanno messo in profonda discussione alcuni principi radicati nella società gettando le basi per delle nuove linee di pensiero [7].

2.1.1 La prima rivoluzione industriale

Fino al termine del diciottesimo secolo la produzione manifatturiera era concentrata in piccoli laboratori artigianali. I prodotti erano lavorati a mano in quantità ridotte, rispettavano alti standard qualitativi e avevano un forte valore aggiunto. Con l'avvento della prima rivoluzione industriale la produzione si spostò rapidamente nelle fabbriche, ridimensionando il ruolo dell'artigianato. La forza propulsiva del cambiamento furono l'energia idroelettrica e i motori a vapore alimentati a carbone. Nelle fabbriche vennero introdotti dei nuovi sistemi di organizzazione del lavoro, basati sulla separazione e sulla specializzazione dei compiti; la produzione divenne di massa, a basso costo, seppure mantenendo alcune peculiarità di quella artigianale (e.g. la varietà dei beni, che diminuì, invece, durante la seconda rivoluzione industriale). La logistica e i trasporti subirono una radicale inversione di marcia grazie alle navi a vapore e ai treni.

Un annuncio pubblicato dall'inventore, matematico e chimico scozzese James Watt recitava:

> *"Vi forniamo un motore a vapore gratuitamente. Pensiamo noi a installarlo e per cinque anni ci prendiamo cura del servizio clienti. Vi garantiamo che i costi occorsi nell'acquisto del carbone saranno inferiori a quelli per nutrire i vostri cavalli se svolgessero lo stesso lavoro. E tutto quello che vi chiediamo è di darci un terzo dei soldi che risparmierete." [8]*

Questa formula si rivelò efficace dal momento che all'epoca i motori a vapore erano una tecnologia relativamente sconosciuta e spostando il focus dal prodotto alla fornitura del servizio, il grado percepito di incertezza rispetto alla nuova tecnologia venne drasticamente ridotto, favorendone la diffusione. Inoltre, oltre a promettere dei grossi benefici economici, il venditore legava i propri profitti ai costi evitati dal cliente (*"E tutto quello che vi chiediamo è di darci un terzo dei soldi che risparmierete"*), stabilendo così una relazione di fiducia.

2.1.2 La seconda rivoluzione industriale

La seconda rivoluzione industriale si colloca nell'ultimo periodo del diciannovesimo secolo e si stima essere proseguita fino allo scoppio della Prima Guerra Mondiale, nel 1914 [9]. Durante questo periodo si verificarono dei cambiamenti tecnologici e organizzativi nella manifattura che consentirono per la prima volta la diffusione su larga scala di sistemi preesistenti quali il telegrafo, la ferrovia, gli acquedotti e i sistemi fognari che in precedenza erano un'esclusività di poche città. I progressi nei sistemi di trasporto e di comunicazione ebbero un effetto globalizzante, interconnettendo culture diverse.

Alcune innovazioni originali dell'epoca furono il telefono e il sistema elettrico - alimentato dal petrolio, che divenne la fonte primaria di energia al posto del carbone. Fu sempre in questo periodo che nuovi modi di operare la produzione furono ideati e applicati nelle fabbriche. La produzione di massa subì un ulteriore espansione grazie all'introduzione della catena di montaggio che eliminò una serie di inefficienze del sistema precedente ma comportò una pressoché nulla personalizzazione dei prodotti, oltre ai risvolti negativi, etici e sociali, sui lavoratori costretti a svolgere compiti estremamente ripetitivi. Una celebre frase dell'imprenditore americano Henry Ford recita:

> *"Ogni cliente può ottenere una Ford T colorata di qualunque colore desideri, purché sia nero."*

Ciò conferma che la personalizzazione dei prodotti e dei servizi non era un'esigenza di mercato diffusa. L'aumento della produttività ebbe anche effetti sociali positivi in quanto favorì la creazione di una classe borghese e l'adozione di politiche di welfare.

2.1.3 La terza rivoluzione industriale

Verso la fine degli anni 60, si cominciarono a applicare le tecnologie informatiche ai processi produttivi con l'obiettivo di automatizzarne alcune fasi, specialmente le più ripetitive. Ebbe così inizio la terza rivoluzione industriale che metteva al centro del suo modello l'uso massiccio dei computer.

Alcune delle innovazioni più rilevanti furono i robot industriali, i software di gestione aziendale (e.g. ERP, ecc.) e di progettazione (e.g. CAD, CAM, ecc.), e nuove metodologie di organizzazione della produzione (e.g lean production, ecc.).

Seppure si parli già di quarta rivoluzione industriale, sono in molti a sostenere che quest'ultima sia solo un prolungamento della rincorsa alle tecnologie informatiche partita molto tempo prima nell'industria, e che la terza rivoluzione industriale sia ancora in corso di svolgimento [10].

2.2 Industria 4.0

Il concetto di Industria 4.0 affonda le sue radici in Germania, dove a partire dal 2006 si è cominciato a ragionare sulle potenzialità di integrare le tecnologie di provenienza ICT nei processi manifatturieri, con l'obiettivo di rafforzare la leadership del settore. Industria 4.0 rappresenta un nuovo modo di concepire la produzione e l'industria nel senso più largo del termine. Come gli stravolgimenti industriali che l'hanno preceduta, uno dei campi più interessati dal cambiamento riguarda la gestione interna dell'azienda: divisione del lavoro e delle responsabilità attinenti, gestione dei processi e della catena produttiva, ecc. Tuttavia, nel caso di I4.0 si è inserita una nuova dimensione che comprende la rete di rapporti tra le aziende. Uno dei principi chiave è, infatti, la collaborazione tra gli attori della *value chain* – catena del valore – con l'obiettivo di migliorare la produttività e la competitività delle aziende.

Alcune definizioni di Industria 4.0 che compaiono nella letteratura scientifica sono le seguenti:

> *"Industria 4.0 o Manifattura Intelligente è la quarta rivoluzione industriale. Rappresenta un nuovo paradigma e consiste nella convergenza di tecnologie ICT e manifatturiere all'avanguardia. Fornisce una solida base per prendere decisioni efficaci e ottimizzate attraverso sistemi decisionali più rapidi e accurati" [11]*

"Industria 4.0 rappresenta un concetto di manifattura intelligente fondato sulla rete, in cui le macchine e i prodotti interagiscono tra loro senza il bisogno di un intervento umano" [12]

"L'Internet of Things Industriale è la base per un nuovo sistema organizzativo e gestionale delle value chain e consente di rendere la produzione altamente flessibile e efficiente, e personalizzabile sulle esigenze del cliente mantenendo volumi di massa." [13]

"Industria 4.0, riguarderà l'integrazione tecnica dei sistemi CPS (Sistemi Cyber-fisici) nella manifattura e nella logistica e l'uso dell'Internet of Things e Internet of Services nei processi industriali. Questo comporterà delle conseguenze per come verrà generato il valore, per i modelli di business, per i servizi erogati a valle e per l'organizzazione del lavoro" [14]

Seppure siano ampiamente noti tra gli addetti al settore i mutamenti tecnologici che stanno attraversando l'industria, non esiste ancora una definizione univoca di questi. Lo stesso termine Industria 4.0 non è universalmente utilizzato per descrivere questo cambiamento. Alcuni termini ricorrenti in alternativa sono: Cyber Physical Systems, Internet of Things and Services, Smart Manufacturing e Advanced Manufacturing.

Il trasferimento massiccio di tecnologie informatiche nei processi manifatturieri e nelle pratiche aziendali è una delle leve principali di questa rivoluzione. L'industria non è nuova all'influsso delle tecnologie ICT, infatti questa è cominciata durante gli anni 70, quando le aziende hanno iniziato a servirsi di software e di hardware per gestire meglio le loro attività ed essere più competitive. Come visto in precedenza, si tratta della terza rivoluzione industriale e alcuni esperti sostengono che essa non sia ancora terminata dal momento che la cultura digitale non si è ancora radicata profondamente e molte aziende non investono nella digitalizzazione dei loro processi. Questo è particolarmente vero nel caso delle piccole-medie imprese. Uno studio condotto nel 2014 in Germania, probabilmente il Paese dell'UE con il più alto livello di PMI sensibili ai temi dell'innovazione, ha evidenziato come il 35% delle 1,000 piccole-medie imprese intervistate non ritenga le tecnologie informatiche rilevanti per il loro business, e la percentuale sale al 52% considerando quelle più piccole. Il 28% ritiene inoltre che non

avranno un grosso impatto nemmeno nel breve-medio periodo. Il 49% ha, invece, affermato che la digitalizzazione è parte della loro strategia di business [15].

Seppur sia vero che la terza rivoluzione industriale non sia ancora stata realizzata in tutte le sue potenzialità e resti rilevante tuttora, è altresì importante delineare una linea di demarcazione da Industria 4.0, in quanto quest'ultima ha l'ambizione di ridefinire non solo l'organizzazione interna di un'azienda ma anche la rete di rapporti che le imprese intrattengono con il mondo esterno. Il concetto alla base è quello della collaborazione/ cooperazione che può avvenire in tre modalità: tra persone, tra macchine o tra macchine e uomini. Tutto ciò è possibile alla luce dell'impiego di tecnologie che facilitano le pratiche comunicative e che consentono alle macchine di condividere in tempo reale le informazioni raccolte. Si parla, dunque, di Cyber Physical Systems – Sistemi cyber fisici – o Internet of Things, i quali consistono nella virtualizzazione dei processi e delle operazioni di fabbrica, e che verranno trattati con maggiore dettaglio nei capitoli seguenti, assieme ad altre tecnologie abilitanti il modello.

Dal punto di vista tecnico, Industria 4.0 può essere descritta come la crescente digitalizzazione e automazione dell'ambiente manifatturiero e la digitalizzazione della *value chain* per consentire la comunicazione tra gli oggetti e il contesto che li circonda, e con i partner industriali [16]. Essa conduce a dei drastici miglioramenti nella qualità e nella varietà dei prodotti, e alla riduzione del *time-to-market*, ossia il tempo intercorso dall'ideazione alla commercializzazione di un prodotto [17].

Le seguenti caratteristiche sono richieste per un'implementazione efficace di Industria 4.0:

- Integrazione orizzontale tra gli attori della *value chain* tramite la condivisione di informazioni riguardanti i processi e i dati di produzione.
- Integrazione end-to-end dei processi ingegneristici attraverso degli strumenti avanzati di comunicazione e di virtualizzazione per abilitare la personalizzazione dei prodotti e dei servizi.
- Integrazione verticale dei processi aziendali per stabilire una collaborazione e una cooperazione inter-funzionale tra i dipartimenti.

Industria 4.0 si prefigura come il quarto stravolgimento cui l'industria manifatturiera, e non solo, sta attraversando. Come avvenuto per le precedenti rivoluzioni industriali, anche in questo caso la tecnologia è una delle forze trainanti il cambiamento. Nella Figura 3 sono riportate le tecnologie o i *cluster* di tecnologie che hanno avuto un ruolo determinante, e che contribuiscono al progresso dell'industria.

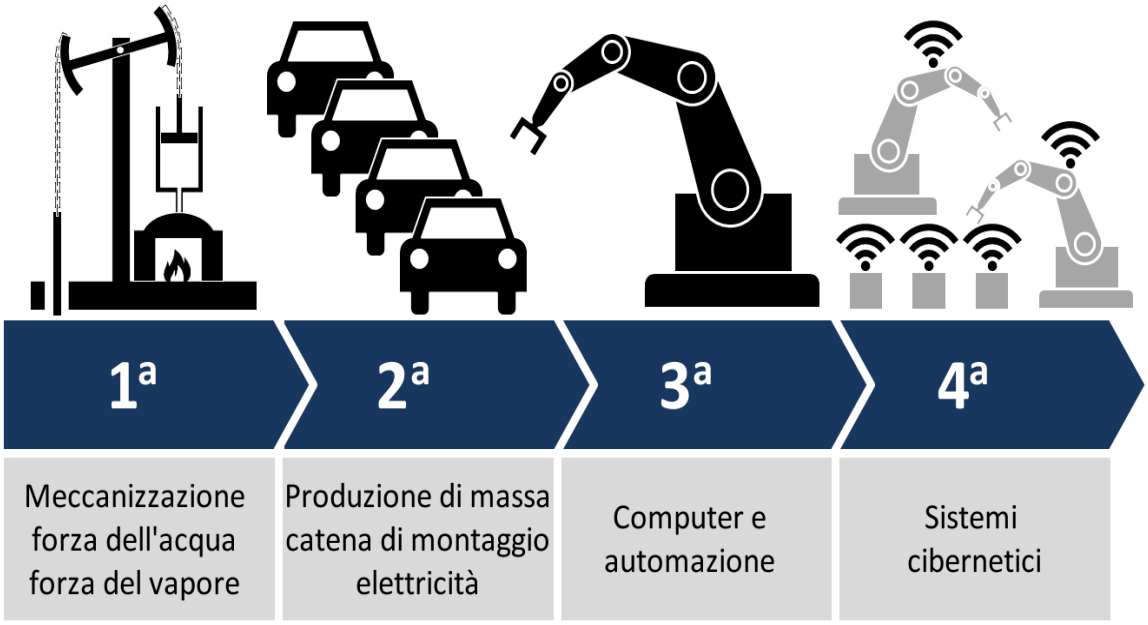

FIGURA 3. LE TECNOLOGIE ABILITANTI LE QUATTRO RIVOLUZIONI INDUSTRIALI

La prossima sezione affronta il tema delle tecnologie abilitanti Industria 4.0, cioè quei sistemi che stanno ridefinendo e ampliando il concetto di digitalizzazione industriale. Se, infatti, un tempo le aziende digitali erano quelle dotate di strumenti software per la gestione del personale, delle operazioni interne ed esterne coi fornitori, per il disegno tecnico, ecc., oggi in molti casi queste sono considerate necessarie ma non sufficienti, e le ragioni variano a seconda del tipo di azienda. Per esempio, le piccole-medie imprese sono spesso legate da rapporti di dipendenza a dei grossi clienti e l'adozione delle nuove tecnologie risulta frequentemente una scelta dettata dall'esterno piuttosto che maturata internamente, in quanto non sono ancora chiaramente percepite le potenzialità da esse derivanti [6]. Questo può costituire una limitazione perché senza una comprensione adeguata del modello non è possibile beneficiare di tutti i suoi vantaggi.

2.3 Le tecnologie abilitanti Industria 4.0

Abbiamo visto in precedenza che non esiste ancora una definizione univoca per Industria 4.0. Le discordanze maggiori si riscontrano nelle analisi di lungo periodo che immaginano gli effetti di questo modello sull'industria e sulla società. Ciò che è possibile dire con certezza oggi è che la digitalizzazione dell'industria sta avvenendo per merito soprattutto della trasfusione massiccia di tecnologie, le quali stanno cambiando il volto delle imprese trasformandole in fabbriche intelligenti capaci di automatizzare i loro processi, renderli flessibili e efficienti, e facilitare le comunicazioni interne.

Le tecnologie abilitanti I4.0 sono varie ed eterogenee. Alcune sono di nuova generazione e relativamente sconosciute, mentre altre sono in circolo da diversi anni ma stanno trovando nuova linfa nelle applicazioni moderne, specialmente quando pensate in congiunzione con altre tecnologie/sistemi. Per esempio, un centro di ricerca e sviluppo inglese ha amplificato le potenzialità dei robot industriali, che sono una tecnologia ampiamente conosciuta e diffusa, facendoli "collaborare" con un apparecchio laser che li avvisa *real-time* degli errori commessi nelle lavorazioni, migliorandone il livello di accuratezza e aprendo nuovi scenari di utilizzo in settori ad alta precisione [18].

La comunicazione e la collaborazione tra gli oggetti, i sistemi, gli ambienti e le persone è uno dei temi chiave di Industria 4.0 e esiste un insieme di tecnologie che lo rendono possibile. Esse vengono comunemente catalogate sotto il nome di Cyber-Physical Systems (CPS) o di Internet of Things (IoT). In questa fitta rete di scambi informativi vengono, inoltre, generate e raccolte enormi quantità di dati. Le opportunità scaturenti da un uso proficuo dei dati sono illimitate. La branca scientifica che segue questo filone è la *Big Data analysis*. Altre tecnologie che stanno ridefinendo l'industria sono la realtà aumentata e la realtà virtuale, il *cloud computing*, la stampa additiva o stampa 3D, e la robotica di nuova concezione. Nel seguito entriamo nel dettaglio di queste tecnologie.

2.3.1 Internet of Things (IoT)

L'Internet of Things (o, alternativamente, Cyber-Physical Systems) è un termine usato per descrivere un gruppo di tecnologie che abilitano la comunicazione tra gli oggetti, i

sistemi, gli ambienti e le persone che ne sono dotati, con ricadute positive su tutta la *value chain*. L'IoT consente di creare una versione virtualizzata dei processi e delle operazioni aziendali per poterle monitorare e ottimizzare.

Kranenburg [19] offre questa definizione di Internet of Things:

> *"Un'infrastruttura di rete dinamica e globale con capacità di auto-configurazione basata su standard e protocolli di comunicazione interoperabili in cui le "Cose" (dall'inglese Things) fisiche e virtuali hanno loro identità, loro attributi fisici, loro personalità virtuali e adoperano interfacce intelligenti, e sono perfettamente integrate nei sistemi informativi aziendali."*

I dispositivi elettronici installati più frequentemente per abilitare queste forme di comunicazione sono:

- RFID (Radio-Frequency Identificator): sono dei microchip che trasmettono in connessione wireless le informazioni relative al prodotto/oggetto cui sono associati, a un dispositivo ricevente;
- WSNs (Wireless-Sensor Networks): sono dei sensori intelligenti usati per il monitoraggio e il controllo dei sistemi.

Altri dispositivi usati sono i codici a barre, i dispositivi mobili, gli attuatori e i sistemi GPS [20]. Le applicazioni dell'IoT sono molteplici e spaziano in tutta l'Industria. Per esempio, se usato per creare un sistema di trasporto intelligente, ogni veicolo potrebbe essere dotato di sensori che ne comunicano la posizione. I dati raccolti sugli spostamenti potrebbero essere sfruttati per effettuare previsioni accurate del traffico.

Una delle condizioni più importanti affinché l'IoT si affermi è la standardizzazione delle interfacce e dei protocolli di comunicazione; queste forniscono interoperabilità, compatibilità e affidabilità su scala mondiale [21]. In tal senso, è in corso una gara tra i Paesi e le organizzazioni a chi riuscirà a stabilire i propri standard. Il successo nella guerra agli standard restituirebbe un vantaggio tecnologico ed economico significativo, oltre a favorire la diffusione dell'IoT su larga scala [20].

Con il termine Internet of Things si fa riferimento all'applicazione di tecnologie di interconnessione sia su dispositivi *consumer*, sia in ambito business. Nell'ultimo caso si

parla specificamente di Industrial Internet of Things (IIoT). Stando alla definizione di Bauer et al. [22] l'IIoT è fondato sulla "connessione tra gli individui, le macchine, gli oggetti e i sistemi di comunicazione in modo *real-time*, intelligente e orizzontale, per consentire la gestione dei sistemi complessi".

I Cyber-Physical Systems (CPS), che comprendono i sensori, le unità di processamento dei dati, e gli attuatori, costituiscono il cuore dell'IIoT. Rappresentano la fusione del mondo virtuale e reale e permettono il trasferimento in tempo reale dei dati [23]. A causa della loro integrazione nella *value chain* sono anche chiamati Cyber-Physical Production Systems [24] – Sistemi Cyber-Fisici della Produzione.

L'IIoT mira a aiutare il settore manifatturiero a gestire le sfide presenti e del futuro quali, per esempio, la crescente volatilità e complessità dei mercati, e la necessità di ridurre i tempi per l'introduzione delle innovazioni. Inoltre, ci sono delle notevoli aspettative riguardo le possibilità di generare nuovo valore aggiunto, rendere i processi più flessibili e aumentare la personalizzazione dei prodotti e dei servizi. Sono attesi anche dei benefici di tipo ecologico e sociale quali, per esempio, una riduzione dei consumi energetici e degli scarti di lavorazione [25].

La Tabella 2 riassume e riporta una breve spiegazione dei benefici relativi all'introduzione dell'IIoT. Queste informazioni sono il risultato di uno studio condotto da Kiel et al. [26] su un campione di 46 aziende tedesche di varie dimensioni e operanti in settori diversi.

Benefici	**Spiegazione**
Competitivi	Espansione e protezione del market share; L'incremento delle dinamiche di mercato facilita la diffusione della tecnologia e il consolidamento di posizioni pionieristiche nel mercato; Differenziazione e vantaggi competitivi basati su offerte innovative.
Finanziari	Aumento della creazione del valore e delle vendite; Diverse possibilità di riduzione dei costi.

Efficienza dei macchinari	Ottimizzazione della qualità dei prodotti e dei processi; Maggiore produttività, disponibilità di macchine e solidità della produzione; Quantità inferiore di scarti e di errori nella produzione; Auto-ottimizzazione dei macchinari.
Nuovi modelli di business	Proposte di valore in termini di prodotti/servizi ibridi (*servitization*); Integrazione delle soluzioni software; Modelli di business basati su pay-by-usage o su piattaforme dedicate;
Efficienza delle risorse	Ottimizzazione dell'uso delle risorse; Le simulazioni digitali, l'uso dei dati e i cicli di controllo automatico consentono processi più semplici e intelligenti; Riduzione delle attività manuali grazie a maggiori livelli di automazione.
Dati e informazione	Le integrazioni verticali e orizzontali permettono la riduzione della dispersione di dati lungo la *value chain;* La trasparenza dei processi, dei macchinari, del magazzino o dei dati relativi alla logistica facilita la tracciabilità dei flussi informativi; Le analisi dei Big Data consentono flussi informativi più brevi e l'uso efficace dei dati.
Tempo	Tempi di set-up più brevi e maggiore velocità delle macchine consentono una più rapida e flessibile risposta alle variazioni del mercato; Riduzione del time-to-market grazie all'uso delle simulazioni, e.g. nell'ingegneria e nelle attività di ricerca e sviluppo; Riduzione del tempo dedicato alle attività che non generano valore;

	Maggiore qualità del lavoro grazie alla semplificazione e alla riduzione dei processi, e all'introduzione di sistemi di assistenza tecnica per le attività;
Risorse umane	Ottimizzazione dell'interazione uomo-macchina e maggiori garanzie di sicurezza facilitano il coinvolgimento dei lavoratori; Nuove professioni emergenti nelle divisioni legate a IIoT.
	Lotti di produzione potenzialmente di un'unità (massimo livello di personalizzazione);
Personalizzazione	La produzione flessibile consente la personalizzazione dei prodotti e dei servizi, e la proposta di soluzioni ibride prodotto/servizio.

TABELLA 2. I BENEFICI RELATIVI A IIOT E LE RELATIVE SPIEGAZIONI

L'elenco di benefici associati all'IIoT è notevole. Tuttavia, l'implementazione di un CPS efficace porta con sé delle sfide importanti. Sempre in base ai risultati dello studio menzionato precedentemente [26], il management delle aziende è posto di fronte alle seguenti problematiche:

- È richiesta una visione complessiva e olistica quando si implementano i sistemi IIoT. Le dimensioni coinvolte da questa tecnologia sono molteplici (e.g. economiche, ecologiche, sociali, tecniche, ecc.) e considerarne solo una o un gruppo ristretto potrebbe rivelarsi deleterio nello sfruttamento delle potenzialità dell'IIoT;
- Per usufruire dei vantaggi dell'IIoT (e.g. maggiore competitività, efficienza delle risorse) le aziende devono prendere delle azioni correttive per adeguare la loro cultura e struttura a dei nuovi requisiti. Le aziende dovrebbero creare degli ambienti di lavoro aperti alle novità, flessibili e collaborativi, semplificando le collaborazioni verticali e orizzontali interne e esterne all'organizzazione. Inoltre, c'è anche il bisogno di mettere costantemente in discussione i modelli di business e innovarli attraverso soluzioni di prodotto/servizi personalizzate e l'offerta di beni ibridi (e.g. *servitization*);

- Nonostante l'IIoT sia associato a elevati sforzi in termini di investimenti per le infrastrutture tecnologiche, per l'acquisizione delle conoscenze necessarie a operare e per la protezione dei dati, i benefici, anche economici, nel medio-lungo periodo giustificano queste spese. È quindi importante comunicare agli imprenditori l'importanza di investire in soluzioni IIoT in quanto è una tecnologia che ha dimostrato di poter migliorare le performance finanziarie delle aziende oltre a fornire un vantaggio competitivo nel contesto competitivo odierno.

2.3.2 Big Data

La quantità di dati in circolazione non è mai stata così grande ed è in costante crescita. Questo trend è dettato sia dal crescente numero di dispositivi in grado di raccogliere e comunicare informazioni sul loro stato (o su quello di oggetti, sistemi, ambienti e persone intorno a loro) sia dal progressivo arricchimento di dettagli che vengono trasmessi. I dati sono collezionati in tre forme [27]:

- *Strutturata*: quando sono conservati in database, organizzati secondo tabelle e schemi rigidi.
- *Non strutturati*: sono i dati conservati senza alcuno schema. Un esempio possono essere i file contenenti testi a carattere narrativo prodotti per mezzo di un software di editing testuale, o un file multimediale.
- *Semi-strutturati*: hanno caratteristiche ibride tra le tipologie sopra riportate.

L'analisi dei dati è una delle attività più promettenti dal punto di vista delle potenzialità di generare valore per i business, ed è basata su varie tecniche (che spesso si sovrappongono nelle modalità e nei risultati restituiti): *data mining, big data analysis,* ecc. Lo studio dei dati è un valido sostegno alle attività di *decision making*, in quanto facilita i processi decisionali fornendo punti di vista non facilmente reperibili alternativamente.

Nel settore manifatturiero si sta progressivamente instaurando un *big data environment*, cioè un contesto fertile alla produzione, alla raccolta, alla condivisione e all'analisi dei dati. Il dubbio che condividono alcuni studiosi è se dai dati sia possibile ricavare le informazioni per il giusto scopo e nel giusto momento [28]. Tuttavia, esistono molti casi

di studio che dimostrano come la *big data analysis* restituisca input importanti e strategici riguardo ai trend di mercato, all'efficienza delle operazioni di fabbrica, e, in teoria, relativamente a tutte le dimensioni in cui opera un'organizzazione. Stando a una stima di McKinsey [29], i big data e l'uso di analisi avanzate dei dati possono garantire un incremento del 20-25 per cento dei volumi di produzione e una riduzione del 45 per cento dei *downtime*, ossia dei periodi di inattività.

Gli elementi considerati vitali per le caratteristiche e il funzionamento dei sistemi Big Data sono riassunti in tre principi individuati da Doug Laney, e normalmente chiamati 3V [30]:

- *Volume* - questa dimensione fa riferimento alla mole di dati che vengono elaborati per raggiungere il risultato desiderato. Per elaborare grosse quantità di dati c'è bisogno di una notevole quantità di potenza hardware dei computer. Se da una parte la quantità di dati è pressoché illimitata, dall'altra la potenza di processamento dei computer è limitata da dei fattori fisici (e.g. l'hardware della macchina) e, quindi, questo si traduce nella necessità di potenziare i computer e i software che girano su di essi (con algoritmi più efficienti) per poter elaborare quantità di dati maggiori.
- *Velocità* – fa riferimento alla velocità di trasmissione dei dati sulle reti (e.g. internet o reti private aziendali). La presenza di molti canali di trasferimento e di dispositivi connessi alla rete costituisce una grossa criticità e, molto spesso, non si riescono a effettuare le trasmissioni sfruttando la piena potenzialità del mezzo. Una tecnica può consistere nella compressione dei dati trasmessi, ma l'efficacia e l'applicabilità delle tecniche di compressione dipendono dalla natura del dato (e.g. testo, foto, multimediale, ecc.).
- *Varietà* – rappresenta il tipo di dato che viene memorizzato, analizzato e utilizzato. La tipologia dei dati è variabile, per esempio, possono essere dei dati di localizzazione, i risultati di una simulazione, ecc. La sfida è quella di riuscire a dare un ordine a queste informazioni di modo che risultino leggibili e utilizzabili dai sistemi riceventi, per non generare risultati ambigui.

A questi principi se ne sono aggiunti di recente altri due [31]:

- *Valore* – dipende dalla qualità del dato memorizzato e degli usi che permette di fare. Non ha senso, infatti, disporre di grandi quantità di dati se l'elaborazione di questi non offre delle prospettive interessanti sul business, e quindi delle ricadute commerciali.
- *Veridicità* – è un fattore legato alla consistenza e alla completezza dei dati.

La Figura 4 riporta schematicamente i principi alla base del funzionamento dei sistemi Big Data.

FIGURA 4. LE 3V DEI BIG DATA, AMPLIATE SUCCESSIVAMENTE A 5

2.3.3 Cloud computing

Il cloud computing consiste nell'erogazione di servizi informatici sulla rete internet tramite un sistema di risorse scalabile. Quest'ultima proprietà rende questa tecnologia particolarmente appetibile per le imprese dal momento che permette di pianificare gli investimenti in risorse di elaborazione sulla base delle reali necessità incorse in uno specifico periodo, e di incrementarli qualora ce ne fosse bisogno. È quindi un sistema che

fa della flessibilità uno dei suoi punti di forza. Altri suoi punti di forza sono l'ampia copertura geografica e il risparmio nell'acquisto delle infrastrutture.

Una definizione di questa tecnologia è fornita dal National Institute of Standards and Technology (NIST):

> *"Il Cloud Computing è un modello che abilita l'accesso diffuso, conveniente, on-demand a un bacino configurabile di risorse di elaborazione (e.g. reti, server, memoria, applicazioni e servizi" che possono essere rapidamente forniti e rilasciati col minimo sforzo gestionale e/o di interazione col fornitore del servizio" [32]*

Ci sono cinque attori principali coinvolti nel Cloud Computing [32] come mostrato in Figura 5. L'utilizzatore del cloud, o *cloud consumer*, è colui che riceve il servizio da un *cloud provider* e paga il servizio in base all'uso che ne fa. Il *cloud provider* fornisce il servizio al *cloud consumer*. Il *cloud auditor* svolge una valutazione indipendente dei servizi cloud, delle operazioni relative ai sistemi operativi, delle performance e della sicurezza del sistema. Il *cloud broker* ha il ruolo di intermediario tra il *cloud consumer* e il *cloud provider* e consente al business di operare. Infine, il *cloud carrier* fornisce la connettività, i servizi di cloud e, fondamentalmente, l'infrastruttura di rete, dal *cloud provider* al *cloud consumer*.

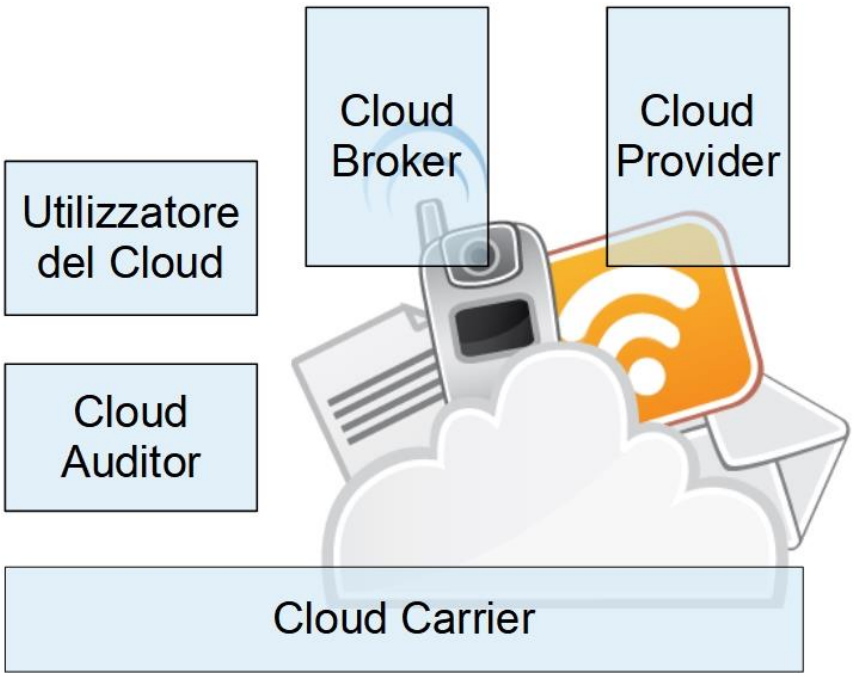

FIGURA 5. GLI ATTORI DEL CLOUD COMPUTING

Secondo il NIST ci sono tre sistemi di erogazione dei servizi cloud: Platform-as-a-Service (PaaS), Infrastructure-as-a-Service e Software-as-a-Service sono i tre sistemi di erogazione e sono ampiamente conosciuti e formalizzati dalla letteratura. Le caratteristiche fondamentali del cloud computing sono invece [33]:

- Garanzia di un accesso ampio e veloce alla rete, di modo da non sfruttare appieno le caratteristiche del sistema;
- La condivisione facile, veloce e completa di risorse hardware e software;
- Rapidi tempi di risposta alla variabilità in cui opera il sistema;
- Architettura pensata sulla base delle esigenze del cliente;

Nonostante i benefici associati al cloud computing siano notevoli, alcuni lati di questa tecnologia destano preoccupazione. Tra queste la scarsità di risorse e di personale formato sul tema, e il tema della sicurezza. La sfera della sicurezza relativa ai dati condivisi è una sfida che accomuna anche altre tecnologie quali i big data, l'IoT, ecc. e se non opportunamente gestita può minare la diffusione e applicazione di questa innovazione [34]. Altri rischi sono connessi all'allocazione efficace delle risorse, alla migrazione dai

vecchi sistemi al cloud (problema della retro-compatibilità) e alla comunicazione tra i sistemi cloud (bisogno di interfacce standardizzate) [35].

2.3.4 Robotica

I robot non sono una tecnologia di ultima generazione; essi sono impiegati fin dai tempi della prima rivoluzione industriale con i telai che erano in grado di svolgere alcune operazioni ripetitive e semplici senza l'ausilio dell'intervento umano. Durante gli anni '70 hanno iniziato a diffondersi nelle fabbriche i robot nel modo moderno di intenderli, ossia dei sistemi elettronici gestiti da software.

Come lo sono stati in passato, avranno un ruolo determinante anche in questa fase storica. L'automazione e la decentralizzazione delle decisioni non possono prescindere, infatti, dall'uso dei robot e le potenzialità di questi sono amplificate dall'integrazione con altre tecnologie (IoT, Big Data, ecc.). La robotica è una delle tecnologie che avranno un impatto maggiore e probabilmente negativo sui livelli di occupazione, specialmente per quanto riguarda le professioni meno qualificate, e ad oggi è applicata nei più svariati settori industriali: militare, medico, alimentare, aeronautico, ecc. Per esempio, Amazon li usa in congiunzione con l'intelligenza artificiale per la gestione dei suoi magazzini.

Nonostante questa tecnologia stia aumentando di complessità, la sua diffusione contribuirà a livellarne i prezzi e aumentarne ulteriormente i campi applicativi. Stando a uno studio del Boston Consulting Group, la spesa globale in robotica raggiungerà gli 87 miliardi di dollari nel 2025. La stima, inizialmente prevista in 67 miliardi di dollari, è stata rivista al rialzo in quanto la crescita del settore, trainata dalle applicazioni *consumer* (e.g. auto a guida autonoma e dispositivi per la casa), è risultata superiore alle attese [36].

2.3.5 Manifattura additiva

Per manifattura additiva (AM da *Additive Manufacturing)*, anche nota come stampa 3D, ci si riferisce ai vari processi usati per la produzione di oggetti solidi tridimensionali a partire da un file digitale tramite la deposizione progressiva di strati di materiale fino alla realizzazione completa del manufatto. Alcune delle tecniche usate per unire i materiali sono:

- Vibrazioni ultrasoniche;
- Laser;
- Fascio di elettroni.

I primi passi della stampa 3D sono stati nella prototipazione durante gli anni ’80 mentre oggi i campi applicativi si sono estesi alla produzione finale grazie ai progressi dei materiali e delle tecniche di laminazione [37]. La tecnologia della manifattura additiva si compone di cinque passaggi fondamentali:

- Sviluppo di un modello tridimensionale del prodotto;
- Conversione in un formato standard usato nella manifattura additiva, e.g. il tradizionale STL – *Standard Tessellation Language format* [38].
- Invio del file a una stampante 3D dove viene opportunamente manipolato per essere pronto all’ elaborazione.
- La componente viene fabbricata strato per strato dalla macchina;
- Pulizia e rifinitura del modello.

Questi passaggi sono riportati in dettaglio nel diagramma di flusso della Figura 6.

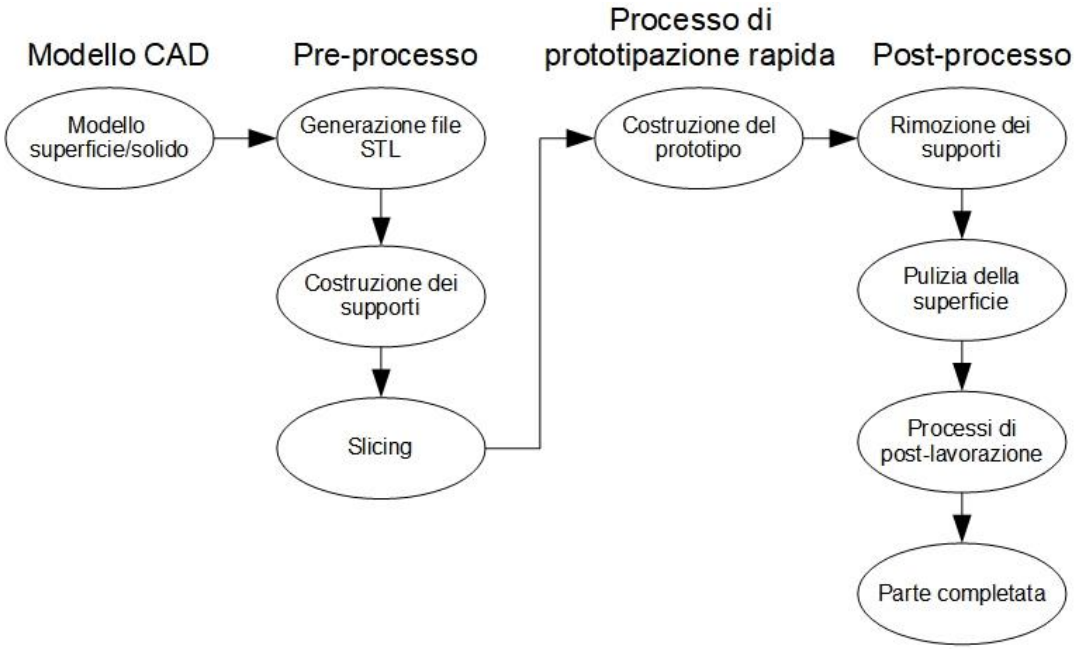

FIGURA 6. FLOWCHART PER LA PROTOTIPAZIONE RAPIDA

Se confrontata con i sistemi produttivi tradizionali della manifattura, la manifattura additiva offre i seguenti vantaggi e benefici:

- *Efficienza dei materiali* - al contrario delle tecniche tradizionali basate sulla rimozione di grosse quantità di materiale, nella manifattura additiva i prodotti sono costruiti sovrapponendo strato per strato del materiale grezzo con scarti minimi. Inoltre, il materiale in eccesso richiede un minimo livello di processamento per essere riutilizzato;
- *Efficienza delle risorse* - le tecniche manifatturiere tradizionali richiedono parti ausiliarie quali, ad esempio, strumenti di taglio, impianti, ecc. oltre allo strumento principale di lavorazione. La AM non richiede queste componenti di supporto, abilitando la possibilità di fabbricare i prodotti a livello locale da parte di piccoli produttori e dando una svolta alla struttura delle *value chain*;
- *Flessibilità delle parti* – l'AM permette di non sacrificare la funzionalità dei prodotti perché permette di svolgere agevolmente lavorazioni complesse che nei sistemi tradizionali porterebbero a compromessi dettati dalla disponibilità di macchinari adeguati al compito, nonché alle competenze del personale. Con la stampa 3D è, invece, possibile produrre un prodotto come un unico pezzo, avente proprietà diverse al suo interno, e ciò rappresenta un'opportunità per il designer;
- *Flessibilità della produzione* – il setup delle macchine per la manifattura additiva è relativamente economico e ciò rende la produzione in piccole quantità un'opportunità di profitto. Per questa ragione, la produzione può essere agevolmente adattata alle esigenze dei consumatori. Inoltre, alcuni problemi quali la presenza di colli di bottiglia nella produzione vengono eliminati siccome i prodotti sono fabbricati in pezzi unici.

Tuttavia, ci sono ancora delle caratteristiche da migliorare in relazione a:

- *dimensione delle lavorazioni effettuabili* – la manifattura additiva impiega materiali non sufficientemente resistenti per la fabbricazione di grossi oggetti. Inoltre, i prodotti di grande dimensione risultano spesso poco vantaggiosi da produrre con l'AM a causa dei lunghi tempi richiesti;

- *grado di accuratezza* – le parti prodotte con la manifattura presentano spesso una superficie grezza e scanalata che dona l'impressione di un prodotto con completo;
- *costi* – gli investimenti richiesti nella manifattura additiva sono consistenti. Il costo di una stampante 3D può variare dai 3,000 fino ai 30,000 dollari per i modelli top di gamma, senza considerare i costi per gli accessori, le resine e gli altri materiali necessari a operare [39].

Se confrontato con le tecniche di manifattura tradizionali, l'AM è più indicato per quei contesti industriali che necessitano di un alto livello di personalizzazione abbinato a bassi volumi di produzione e per la fabbricazione di componenti con geometrie complesse. Alcune considerazioni riguardo l'applicazione della manifattura additiva in dei settori industriali sono riportate di seguito:

- *Aerospaziale* – i componenti aerospaziali hanno generalmente strutture complesse e sono fabbricati a partire da materiali avanzati, e.g. leghe di titanio, nickel, metalli speciali o ceramiche fabbricate a temperature elevatissime, che sono difficili, costosi e lunghi da lavorare. Inoltre, i volumi di produzione nel settore aerospaziale sono relativamente piccoli, al massimo nell'ordine di alcune migliaia di componenti. Perciò, l'AM è una tecnologia adatta a essere utilizzata nel settore;
- *Automobilistico* – lo sviluppo di nuovi prodotti è un elemento critico per l'industria automobilistica ma è anche un processo costoso e lungo da effettuare. L'industria *automotive* applica già da diverso tempo le tecnologie AM per il design e lo sviluppo di componenti dal momento che permette di ridurre i cicli di sviluppo e i costi di costruzione dei prototipi. Sono, inoltre, usate per produrre piccole quantità di componenti funzionali (e.g. scarichi, parti dei cambi, sistemi di frenata) per il mercato dei veicoli di lusso, prodotti in volumi ridotti, o destinati alle competizioni;
- *Biomedico* – i recenti sviluppi nelle tecnologie di manifattura additiva, oltre che nei biomateriali, nelle scienze biologiche e nella biomedicina, hanno ampliato l'uso dell'AM nel campo biomedico. Le applicazioni spaziano dagli impianti ortopedici agli organi artificiali, dai dispositivi medici ai chip usati per il monitoraggio delle funzioni biologiche.

2.3.6 Realtà aumentata e realtà virtuale

Nel campo delle tecnologie ottiche, la realtà virtuale (VR da *Virtual Reality*) e la realtà aumentata (AR da *Augmented Reality)* sono tra le più promettenti. Nel caso della prima l'utilizzatore viene immerso completamente in una realtà alternativa, mentre, nel secondo caso, degli elementi virtuali sono sovrapposti al campo della realtà. Alcune proprietà dei sistemi AR e VR sono:

- Presenza di oggetti virtuali, che nel caso dell'AR sono combinanti in un ambiente reale;
- Funzionamento interattivo e *real-time*;
- Interazione di oggetti virtuali e reali, nel caso di AR;

Questi sistemi trovano già un buon impiego nell'industria. Alcuni esempi di applicazione sono:

- Design e progettazione di componenti per i veicoli: tramite questi sistemi il designer/progettista può lavorare con un maggior grado di dettaglio e seguire l'evoluzione del prodotto quasi come se fosse realizzato fisicamente, con un notevole risparmio economico.
- Invio di istruzioni ai lavoratori su come svolgere determinate operazioni, che possono essere la sostituzione di un componente o la selezione di un oggetto dentro il magazzino. Queste informazioni possono essere trasmesse nel momento stesso in cui il lavoratore sta guardando l'elemento su cui intervenire. Questa proprietà può essere sfruttata per erogare dei corsi di formazione.

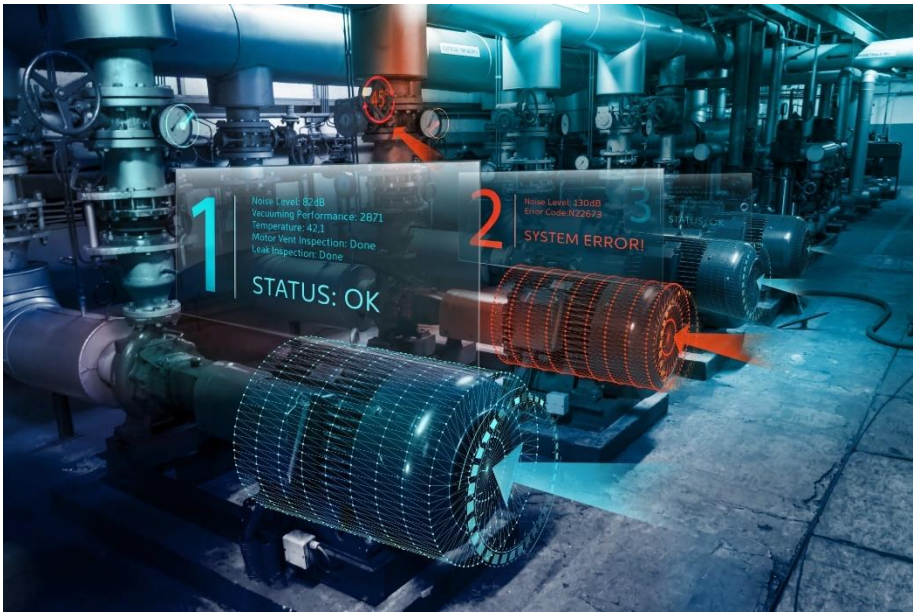

FIGURA 7. UN ESEMPIO DI REALTÀ AUMENTATA - PROSPETTIVA DI UN DIPENDENTE

L'industria può far uso di AR e VR per fornire i lavoratori con informazioni raccolte in tempo reale e migliorare i processi decisionali e lavorativi.

2.4 Conclusioni

Questo capitolo ha fornito una presentazione del paradigma emergente nel contesto industriale e manifatturiero detto Industria 4.0, mettendolo in relazione alle rivoluzioni industriali intercorse dalla fine del diciottesimo secolo (i.e. invenzione motore a vapore) ai giorni nostri (i.e. tecnologie informatiche nell'industria e automazione) per la portata rivoluzionaria dei suoi principi e dei benefici che promette in termini di aumento della produttività, della personalizzazione dei prodotti/servizi, della gestione del lavoro e delle responsabilità, del miglioramento delle pratiche decisionali, degli strumenti di supporto ai lavoratori e della collaborazione tra gli attori (macchine e persone) della *value chain*. La competizione tra i Paesi e le aziende alla digitalizzazione dimostra quanto il tema sia interessante e rilevante, e guiderà le decisioni strategiche dei prossimi decenni.

Il prossimo capitolo intende approfondire i prerequisiti necessari a una corretta implementazione del modello Industria 4.0 e le conseguenze della digitalizzazione sull'industria.

Capitolo III - I prerequisiti e i risvolti di Industria 4.0

Grazie al cospicuo e crescente trasferimento di tecnologie nell'industria, ci sono grandi aspettative riguardo l'impatto di quest'ultima sull'economia mondiale, presente e futura. Questo ruolo di rilievo è stato parzialmente scalfito negli ultimi anni da diversi fattori, l'ultimo dei quali per rilevanza si è verificato nel 2008-2009, con la crisi dei mercati finanziari. Quel periodo ha segnato un momento di svolta nelle politiche industriali di molti Paesi dal momento che è diventata di vitale importanza la questione di come stimolare nuovamente la crescita manifatturiera.

Con riferimento al settore manifatturiero europeo, esso assorbe il 20% della forza lavoro (più di 34 milioni di persone) in 25 settori industriali differenti, con più di 2 milioni di imprese, in prevalenza PMI [6]. La Figura 8 mostra come lo share del valore aggiunto generato dal settore manifatturiero in Europa sia sceso da circa il 18% nel 2000 a circa il 14% nel 2009, per poi recuperare nel 2011 portandosi intorno al 16% [6].

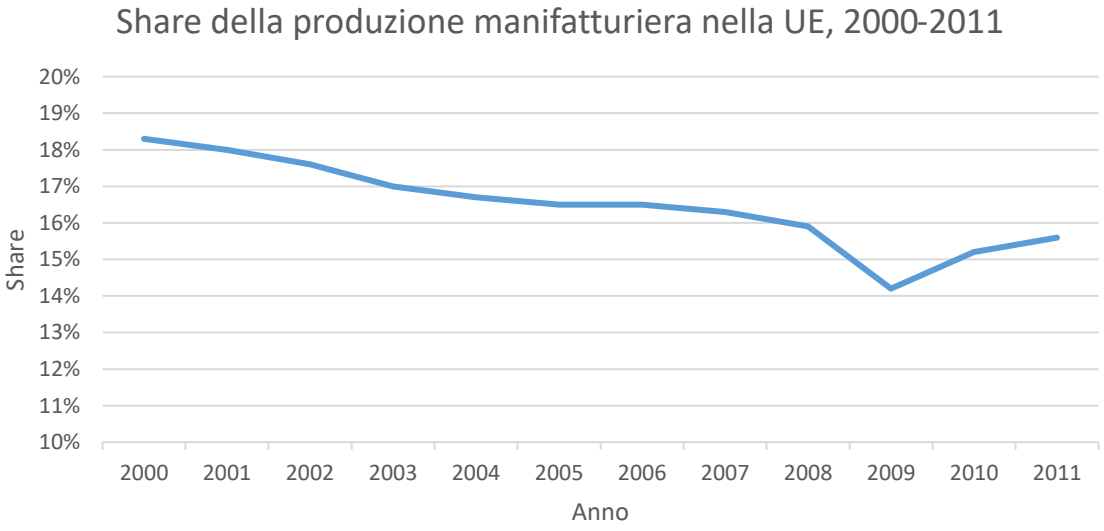

FIGURA 8. SHARE DELLA PRODUZIONE MANIFATTURIERA NELLA UE, 2000-2011

Il trend verso l'alto registrato negli ultimi anni dello studio è il frutto sia della ripresa economica mondiale che dell'attuazione delle prime politiche di digitalizzazione industriale. L'efficacia di queste è legata alla presenza di diversi prerequisiti, importanti in ottica di implementazione di Industria 4.0. Il grafico seguente mostra i risultati di uno studio condotto su 278 imprese tedesche [40] relativo ai fattori chiave per il successo delle iniziative digitali.

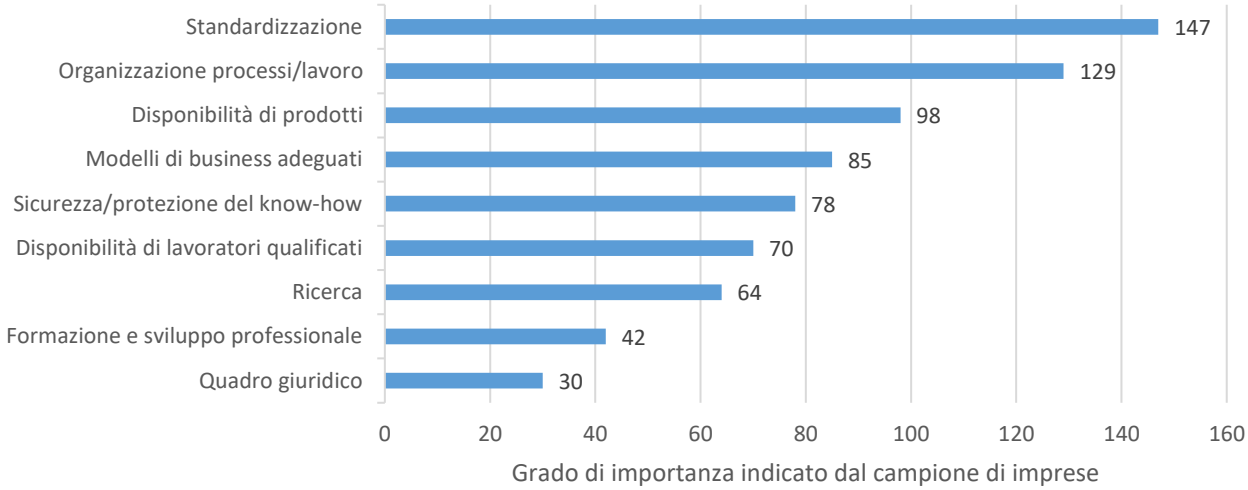

FIGURA 9. I REQUISITI PIÙ IMPORTANTI NEL SUCCESSO DELLE INIZIATIVE SU I4.0

Nella sezione seguente analizziamo alcuni dei prerequisiti importanti in ottica di digitalizzazione del tessuto industriale. Successivamente l'attenzione si sposterà, invece, sulle conseguenze attese dall'implementazione di Industria 4.0.

3.1 I prerequisiti per le iniziative su Industria 4.0

L'efficacia delle politiche di digitalizzazione è strettamente dipendente dalla presenza di una serie di fattori implementati a livello pubblico (e.g. attraverso l'incentivo all'acquisto di nuovi macchinari) e a livello aziendale (e.g. organizzazione interna dei processi e gestione del personale). Questi fattori hanno una rilevanza variabile a seconda del tipo di azienda (e.g. PMI o grande azienda) e del settore industriale. Ad ogni modo, uno studio fatto su un campione di imprese europee [40] ha evidenziato l'esigenza delle seguenti condizioni per sostenere e sviluppare al meglio le iniziative collegate a Industria 4.0:

- *Standardizzazione* – delle interfacce e dei protocolli utilizzati dalle tecnologie abilitanti Industria 4.0;
- *Organizzazione dei processi e del lavoro* – per sfruttare appieno le potenzialità connesse alla digitalizzazione, alle aziende non è solo richiesto di investire in nuove tecnologie ma di ripensare il loro modo di operare e di organizzare i compiti;
- *Business model adeguati* – strettamente correlato al punto precedente è la questione del *business model*, dal quale discendono appunto le scelte legate all'organizzazione interna ma anche al rapporto con gli altri attori della *value chain.* In ottica di Industria 4.0, emerge sempre più insistentemente il bisogno di integrare i processi interni con quelli delle aziende *partner*;
- *Sicurezza dei sistemi IT e protezione del know-how* – il tema della sicurezza digitale è molto sentito dalle aziende ed è anche uno dei fattori più preoccupanti legati alla digitalizzazione.
- *Disponibilità di lavoratori qualificati* – vista la novità dei cambiamenti in atto nell'industria, c'è l'esigenza di figure professionali prima inesistenti o confinate a pochi ambiti applicativi. Il *deficit* di alcune qualificazioni viene, e può essere, affrontato con la formazione o tramite politiche d'immigrazione mirate a attrarre i profili ricercati.
- *Ricerca* – Industria 4.0 ha al suo centro la ricerca continua di soluzioni innovative da trasferire successivamente nei processi delle aziende e nei prodotti e/o servizi destinati ai consumatori. La ricerca deve essere stimolata a livello di diversi tipo di organizzazioni, tra cui le università, le aziende (coi progetti di R&S), ecc.
- *Formazione e sviluppo professionale* – la trasformazione industriale si sta svolgendo a un ritmo superiore alla capacità delle università, delle aziende e degli altri enti coinvolti nella formazione, di aggiornare le competenze dei lavoratori o prepararli a nuove mansioni prima inesistenti. È quindi evidente che la formazione gioca un ruolo di primo piano nella partita di Industri 4.0.
- *Quadro giuridico* – il successo delle iniziative digitali non può prescindere da un quadro legislativo adeguato e aggiornato sui temi dell'innovazione. La decisione

di molti Paesi, tra cui anche l'Italia, di dotarsi di piani di sviluppo specificamente pensati per Industria 4.0 è un segnale positivo in tal senso.

Nelle sotto-sezioni seguenti analizziamo nel dettaglio alcuni dei fattori sopra elencati.

3.1.1 La standardizzazione

Per standardizzazione si intende l'uso allargato nel contesto industriale di standard, cioè di un'architettura o di un sistema (e.g. protocolli di comunicazione, interfacce hardware, ecc.) di riferimento che abilita e semplifica l'interoperabilità dei sistemi di produzione e permette la diffusione su larga scala delle tecnologie e dei principi di Industria 4.0. La standardizzazione è stata un requisito imprescindibile per lo sviluppo di nuove industrie nel passato. Molte volte, diverse tecnologie/piattaforme concorrevano tra di loro finché una emergeva e si imponeva come standard. Nel caso di Industria 4.0, degli standard potrebbero emergere nelle interfacce dei sistemi informatici (hardware, servizi sul web, formati dei dati), nei software di controllo e programmazione della produzione, nei protocolli di comunicazione e nei sistemi di connessione, nel trasferimento dei dati e nelle pratiche relative alla sicurezza (e.g. cyber-security).

Affinché gli standard si diffondano rapidamente e ampiamente c'è bisogno di istituire delle piattaforme tramite le quali informare sui dettagli tecnici degli standard di modo da facilitare la conoscenza e l'implementazione, e aiutare le imprese e le organizzazioni a prendere parte alla trasformazione di Industria 4.0 [41]. Questo può funzionare solo grazie alla collaborazione tra le aziende.

Un passo importante verso la standardizzazione è trovare un accordo su un approccio condiviso e sulla terminologia. Ci sono già alcuni standard in uso, tuttavia, manca una gestione coordinata degli stessi. E' necessario condurre delle ricerche per comprendere quali e in che settori gli standard sono presenti, di modo da sviluppare una piattaforma integrata di riferimento per Industria 4.0.

Uno studio condotto in Germania nel 2013 [41] identificava il tema della standardizzazione come la sfida più critica nella riuscita dei pian industria relativi a I4.0. Altri report sostengono questa tesi [42]. In assenza di standard comuni, le compagnie

manifatturiere incontreranno delle difficoltà nella creazione di *inter-company value networks* – reti di valore tra le aziende [41]. Il potenziale di Industria 4.0 potrà essere sfruttato al massimo solo attraverso l'interoperabilità a livello mondiale dei sistemi di produzione, il che è impossibile senza l'adozione e la diffusione di standard [43]. In linea generale, gli standard devono essere aperti, affidabili e sicuri di modo da essere accettati e permetterne la diffusione su ampia scala.

La standardizzazione è una sfida per quanto concerne anche la sicurezza. Al momento mancano delle soluzioni completamente standardizzate in questo campo e questo costituisce un ulteriore ostacolo per la diffusione di pratiche e sistemi di sicurezza all'interno degli ambienti di lavoro.

Senza degli standard condivisi, i sistemi di produzione rimangono incompatibili tra di loro a livello mondiale e i principi di Industria 4.0 possono essere applicati solamente a livello locale, impedendo lo sviluppo di economie di scala e notevoli progressi sotto il profilo della produttività. In particolare, le piccolo-medie imprese sono interessate alle soluzioni che hanno raggiunto una larga accettazione per contenere i rischi legati a investimenti in tecnologie che potrebbero diventare presto obsolete. Molte pmi però non hanno ancora stilato un piano per gestire la transizione a I4.0 [44].

Il ruolo delle politiche pubbliche

I Governi dovrebbero supportare l'introduzione di standard internazionali sia a livello nazionale che mondiale. Molto probabilmente, gli standard legati alle tecnologie di Industria 4.0 verranno adottati in maniera incrementale e seguendo un approccio bottom-up. Infatti, imporre uno standard dall'alto secondo il modello top-down potrebbe rivelarsi una scelta errata. Nonostante tutto, gli standard sviluppati, per esempio, nel corso di progetti specifici, potrebbero essere convertiti alla fine in standard internazionali. E' in questo ambito che i legislatori possono avere un ruolo costruttivo. Un modo sarebbe di supportare e incoraggiare le iniziative *open-source* –i cui dettagli sono visibili e fruibili a tutti – che sono state utili anche nell'impostare gli standard di Internet, come il protocollo TCP/IP [41]. Gli enti pubblici dovrebbero organizzare dei workshop e delle conferenze in cui le organizzazioni e le persone in grado di sviluppare degli standard e

potenzialmente imporli sul mercato, possano incontrarsi e discutere dei modi in cui procedere. Nel caso in cui gli standard vengano imposti da singole compagnie, i legislatori dovrebbero supportare e facilitare lo sviluppo di strumenti di licenza, consentendo alle altre compagnie e ai nuovi arrivati di adottare questi standard e integrarsi nelle *value chain*.

3.1.2 L'innovazione dei modelli di business

La digitalizzazione dell'industria sta facendo emergere la necessità di adattare i modelli di business e le strategie aziendali a questa trasformazione. Questo nuovo paradigma industriale sta modificando i metodi con cui viene generato e distribuito il valore (e.g. servizi integrati coi prodotti), infatti, sta provocando dei cambiamenti a livello tecnico e produttivo che a loro volta si riflettono in cambiamenti organizzativi e in nuove opportunità [45], creando ambienti di lavoro più cooperativi, migliorando le relazioni coi clienti o ampliando l'offerta di prodotti e servizi. Per questa ragione è importante rivedere i modelli di business, o *business model.*

Sulla base di due studi [46, 47] condotti su un campione di aziende e aventi come obiettivo di comprendere i principali problemi che riguardano i vecchi modelli di business, sono stati selezionati i seguenti temi a cui i nuovi *business model* devono dare una risposta:

- Collaborazione e riduzione delle barriere nelle comunicazioni interne;
- Flessibilità e personalizzazione;
- Produzione di massa individualizzata, ossia personalizzata sulle esigenze di ogni cliente;
- Produzione locale;
- Prezzi bassi;
- Prodotti e servizi *smart;*
- Frammentazione della *value chain*;
- Globalizzazione e decentralizzazione della produzione;
- Sistemi produttivi integrati verticalmente e orizzontalmente;
- Automazione.

Una delle tematiche più rilevanti è il bisogno di integrare sempre di più i servizi nei prodotti (il tema della *servitization* è affrontato in dettaglio in "3.2.2 Dal prodotto al servizio"). Inoltre, alcuni principi dei *business model* che finora erano stati riservati all'industria digitale, stanno diventando rilevanti anche nell'industria manifatturiera. Di conseguenza, Industria 4.0 sta spingendo le compagnie a introdurre una mentalità sempre più rivolta ai servizi [48]. Ciò è soprattutto importante nelle economie avanzate e industrializzate che faticano a competere solamente sui costi della manifattura.

L'integrazione orizzontale e verticale della *value chain* e l'interoperabilità che ne deriva, allarga i confini operativi tradizionali delle aziende legati all'organizzazione e alla rete di persone che vi gravitano intorno (dipendenti, fornitori, clienti, ecc.) Dei nuovi attori emergono e il ruolo di quelli attuali cambia. Di conseguenza stanno nascendo dei nuovi modi di creare e offrire valore che coinvolgono sempre più entità, e le aziende manifatturiere tradizionali orientate alle vendite di prodotti, stanno modificando i loro attuali modelli di business in risposta alle nuove dinamiche competitive e alle opportunità connesse a Industria 4.0.

La manifattura sta diventando più rapida nel reagire alle richieste del mercato e in questo modo è in grado anche di generare e offrire maggiore valore [49]. Le organizzazioni devono imparare a conoscere meglio i loro clienti (e.g. usando degli strumenti digitali per ottenere informazioni, promuovendo dei meccanismi decisionali basati sui dati raccolti, e/o sviluppando esperienze complete per i clienti) e espandere il loro ecosistema per integrarsi meglio con il resto dalla *value chain* e non operare singolarmente [50]. Perciò Industria 4.0 fornisce delle opportunità per creare offerte di valore nuove, e flessibili in relazione al mercato.

Per studiare le implicazioni di Industria 4.0 sui modelli di business un modello preso solitamente come riferimento è quello di Osterwalder [51] che fornisce la seguente definizione di *business model:*

> *"Il fondamento logico alla base di come un'organizzazione crea, diffonde e cattura valore"*

Perciò, sono stati identificati quattro modi per affrontare la trasformazione digitale nell'industria, che variano a seconda del grado di innovazione che può andare da pochi elementi del *business model* tramite un meccanismo incrementale, alla trasformazione di tutti gli elementi del modello di business secondo una logica radicale. Tutto ciò è rappresentato in Figura 10.

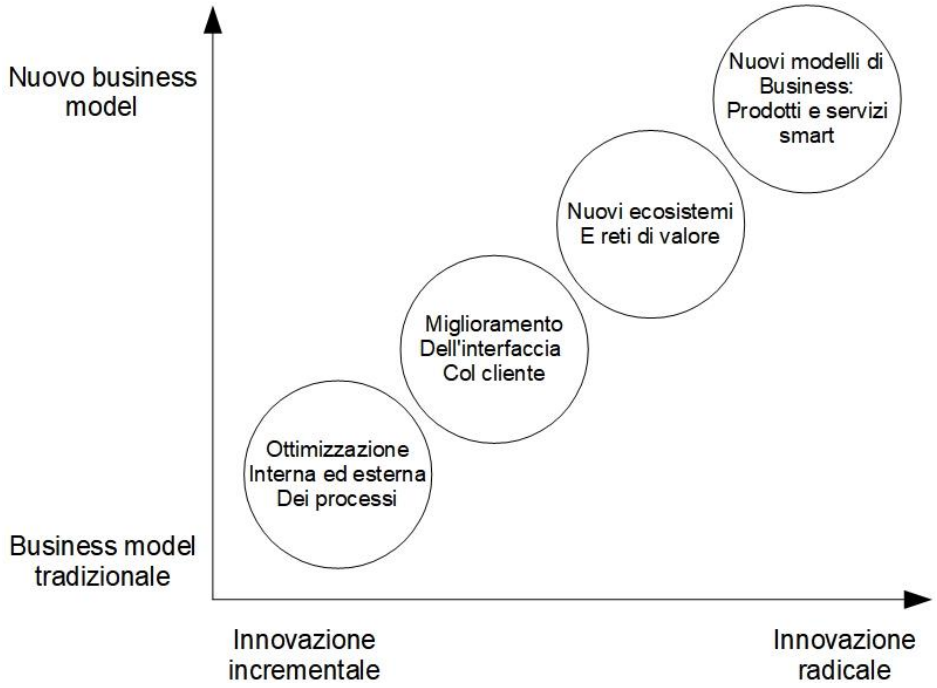

FIGURA 10. L'INNOVAZIONE DEI BUSINESS MODEL

Ottimizzazione interna ed esterna dei processi

Questa trasformazione rappresenta un'innovazione incrementale del *business model* che ottimizza il business attuale senza apportare grossi cambiamenti. Le nuove tecnologie, e.g. big data, cloud computing, IoT, ecc. sono introdotte al solo scopo di ottimizzare la creazione di valore grazie alla maggiore efficienza e a performance migliori (riduzione dei costi, dei tempi di lavorazione, ecc.) [50]. Questo potrebbe essere il primo passo per le compagnie abituate a sistemi tradizionali di produzione nel processo di digitalizzazione, in quanto riduce i rischi. Può essere senza dubbio un approccio consigliabile alle piccole-medie imprese dato che i rischi incorsi e/o percepiti, specialmente legati agli investimenti, ostacolano l'adozione di strategie digitali. La

tabella sottostante descrive l'impatto su ognuna delle componenti del *business model* (secondo la definizione di Osterwalder).

Creazione del valore	*Tracciabilità del prodotto e delle risorse* – produzione, logistica, controllo della qualità, gestione del magazzino e manutenzione più efficienti; *Collegamento macchina-macchina* – connessione dei processi interni e connessione dei processi interni con quelli dei fornitori; *Formazione del personale* – possibilità di lavorare da qualsiasi luogo in qualsiasi momento, comunicazioni migliori e più rapide, scambio di conoscenze; *Management più trasparente* – decisioni guidate dall'analisi dei dati.
Distribuzione del valore	*Offerte più flessibili* – produzione di massa individualizzata, personalizzazione, ecc.
Cattura del valore	*Ottimizzazione dei costi* – grazie a processi e uso delle risorse più efficienti.

TABELLA 3. ORGANIZZAZIONE DEI PROCESSI – IMPATTO SUL BUSINESS MODEL

Miglioramento della relazione col cliente

Anche in questo caso si tratta di un'innovazione incrementale, ma focalizzata sul miglioramento nella distribuzione del valore (attraverso l'offerta di prodotti e servizi, la scelta di determinati segmenti di mercato e la cura della relazione col cliente). Con l'introduzione di tecnologie quali i big data, il cloud computing, la realtà aumentata e la realtà virtuale, sono disponibili nuovi mezzi di interazione, permettendo una migliore comprensione dei bisogni dei clienti e delle esperienze offerte. Una volta che i processi interni ed esterni sono ottimizzati, questo potrebbe costituire il secondo step di una strategia di digitalizzazione.

Creazione del valore	*Gestione dei nuovi canali relazionali col cliente;* *Raccolta, monitoraggio e analisi dei dati;*

	Sviluppo di nuovi servizi.
Distribuzione del valore	*Segmentazione basata sull'analisi dei dati* - conoscenza approfondita dei bisogni dei clienti grazie ai dati raccolti tramite i social network e altre fonti, marketing predittivo e personalizzato; *Relazioni più dirette, intime, efficienti e di lungo termine;* *Miglioramento delle vendite sui canali digitali* – ampio numero di dispositivi, coerenza tra i canali, esperienza del cliente onnicomprensiva, canali self-service che permettono di risparmiare sui costi, sui tempi e di fornire risposte veloci.
Cattura del valore	*Risparmio* sui costi; *Nuove fonti di ricavo* – prezzi dinamici, pay-per-use (si paga in base all'utilizzo fatto), pagamento online, ecc.

TABELLA 4. MIGLIORAMENTO DELLA RELAZIONE COL CLIENTE – IMPATTO SUL BUSINESS MODEL

Nuovi ecosistemi e reti di valore

Questo modello propone un'innovazione radicale dell'attuale *business model* con lo scopo di incentrarlo sulle attività principali dell'organizzazione (attività chiave o distintive), sulla condivisione dell'incertezza con gli altri attori della *value chain* o sull'ottenimento di nuove competenze e risorse richieste dal contesto competitivo. In questa maniera, il processo principale di creazione del valore coinvolge strettamente le entità esterne all'azienda. Il passaggio dalla catena di valore tradizionale a un'ecosistema, richiede un cambiamento radicale in molti aspetti del *business model* (e.g. attività *core*, canali e relazioni) sia coi clienti che coi fornitori/collaboratori. Di conseguenza devono essere definiti dei nuovi modi per catturare il valore.

Creazione del valore	*Infrastruttura aziendale connessa alle infrastrutture dei principali partner*;

	Informazione real-time relativa alla produzione, al magazzino, alle vendite, alla disponibilità di personale.
Distribuzione del valore	*Accesso a nuovi segmenti di mercato;* *Più ampia offerta di prodotti.*
Cattura del valore	*Potenziale crescita del valore catturato grazie alla riduzione dei costi per tutte le aziende che collaborano*

TABELLA 5. NUOVI ECOSISTEMI E RETI DI VALORE – IMPATTO SUL BUSINESS MODEL

Nuovi modelli di business: prodotti e servizi smart

In contrasto coi casi precedenti, questa tipologia consiste in un cambiamento completo del *business model*, basandolo sulle nuove tecnologie quali i big data, il cloud computing, la sensorizzazione intelligente e i sistemi embedded (o Internet of Things), che permettono di offrire beni e servizi innovativi e intelligenti. Alcuni esempi sono l'esecuzione da remote di procedure di manutenzione o di aggiornamenti al software del prodotto). Perciò, un'innovazione radicale che coinvolga praticamente tutti gli elementi del *business model* è richiesta. Il nuovo modello dovrebbe fornire l'opportunità all'azienda di diversificarsi o di espandersi in nuovi mercati. Potrebbe essere implementato anche parallelamente all'attuale *business model*, in modo da rendere il passaggio più graduale e meno rischioso (infatti, l'organizzazione potrebbe sperimentare da una parte le nuove soluzioni organizzative, tecnologiche e gestionali e dall'altra mantenere stabili e sicuri gli introiti legati al vecchio modello di business).

Creazione del valore	*Nuove risorse fisiche, umane e intellettuali sono richieste;*
Distribuzione del valore	*Prodotti smart* – raccolta costante di informazioni dai clienti, dall'ambiente e dal prodotto stesso relativamente alle sue prestazioni; *Innovazione nei servizi associati* – manutenzione predittiva, attivazione di sviluppi del prodotto, ecc.; *Co-creazione* – i clienti sono parte del processo di creazione del valore;

	Relazione diretta – tra l'azienda e i clienti.
Cattura del valore	*Nuove fonti di ricavo* – prezzi dinamici, pay-per-use (si paga in base all'utilizzo) fatto), ricavi basati sulle performance, ecc.

TABELLA 6. PRODOTTI E SERVIZI SMART - IMPATTO SUL BUSINESS MODEL

3.1.3 La formazione delle risorse umane

Industria 4.0 avrà con molta probabilità un effetto stravolgente sulle economie globali. Uno degli obiettivi strategici per la società e per l'industria è, quindi, di promuovere la consapevolezza sul tema per fare in modo che questo cambiamento avvenga in maniera rapida e guidata. A tal fine, le iniziative educative giocano un ruolo importante e diverse sono le sfide che si pongono davanti [52]. Nuove abilità saranno richieste ai lavoratori e per rispondere a questa esigenza la formazione del personale nel settore manifatturiero dovrà tenere conto dei mutamenti in atto che richiedono competenze multidisciplinari. Inoltre, è sempre più evidente il bisogno di coniugare la formazione teorica, svolta in classe, con quella sul campo che è importante per tenere il passo con gli sviluppi tecnologici dell'industria. Perciò, una sfida importante è promuovere un nuovo approccio all'educazione manifatturiera che tenga conto dei passi avanti fatti nella ricerca e delle ultime innovazioni [53].

Le abilità e le competenze sono i fondamenti del processo formativo. Le prime consistono nell'applicare le conoscenze acquisite nello svolgimento di compiti ben precisi. In un contesto di formazione, le abilità generalmente si sviluppano nei seguenti modi:

- Osservando e replicando delle azioni;
- Riproducendo dei compiti seguendo delle istruzioni o andando a memoria;
- Adattando e/o integrando l'esperienza per soddisfare dei requisiti;
- Tramite la gestione automatica, inconscia delle attività.

La competenza consiste (stando a dei criteri formali o informali) nel gestire determinate situazioni con successo o nel completare un lavoro.

Le abilità sono sempre tenute in forte considerazione dalla società. Diversi studi hanno dimostrato la relazione tra la qualità dell'educazione e la crescita economica, sottolineando come il capitale umano sia determinante per la crescita economica. Quando le competenze sono utilizzate in maniera efficace, possono stimolare la crescita dei livelli di occupazione e la produttività aziendale. L'acquisizione di abilità a livello dei singoli individui, permette di facilitare la ricerca del lavoro e di avanzare più facilmente e rapidamente nel mondo lavorativo. Inoltre, si riflette anche in termini di produttività, consentendo ai lavoratori di eseguire una varietà di compiti complessi, lavorare più efficacemente e produrre prodotti con maggiore valore aggiunto [52]. Le abilità sono perciò uno dei fattori determinanti la competitività industriale ed è, quindi, essenziale disporre di risorse umane ben formate, tra cui scienziati, ricercatori, ingegneri e addetti alla produzione. D'altra parte, la carenza di abilità si ripercuote negativamente sulle capacità di innovazione.

Per affrontare in modo efficace le sfide emergenti nell'educazione delle risorse umane, c'è bisogno di attuare un cambiamento nelle modalità con cui avviene la formazione. Uno degli approcci emergenti è l'integrazione delle attività di fabbrica con quelle formative svolte in classe. L'obiettivo è di coniugare la formazione teorica con l'esperienza sul campo, dando quindi grande enfasi all'acquisizione delle competenze tramite l'esercizio pratico. Questo tipo di modello educativo è svolto in strutture dedicate dove l'obiettivo è la formazione, ma si sta diffondendo anche all'interno delle aziende per permettere ai dipendenti di acquisire le tecniche di *problem solving* [52].

Il bisogno immediato di risorse formate sulle tematiche e le tecnologie di Industria 4.0 sta stimolando molti Paesi a rivedere le loro politiche immigratorie per favorire l'arrivo di professionisti già preparati. In Europa questo è particolarmente vero in Nazioni come la Germania che sono molto avanti nella loro tabella di digitalizzazione e costituiscono un'attrazione per molti laureati e professionisti residenti in altre zone dell'Unione Europea dove le loro competenze non sono spesso sfruttate e riconosciute adeguatamente. Tuttavia, il tema dell'immigrazione spalanca e/o inasprisce dei problemi legati all'accoglienza di stranieri per cui si rende necessario un approccio onnicomprensivo che da una parte tenga conto della necessità di colmare un gap formativo e dall'altra sappia gestire l'integrazione di nuove culture [6].

3.1.4 La sicurezza nell'era digitale

Per *digital security* si intende la protezione dei dati da forze distruttive e dalle azioni indesiderate di utenti non autorizzati. La consapevolezza riguardo l'importanza della salvaguardia e della messa in sicurezza delle informazioni si è ampiamente diffusa negli ultimi anni a causa del trafugamento o dell'uso improprio di dati personali di milioni di utenti che hanno generato scandali mondiali, dei quali uno dei più recenti ha coinvolto Facebook, il caso Cambridge Analytica.

La sicurezza digitale nel contesto di Industria 4.0 si applica anche ad altre tipologie di contenuto. Una lista non esauriente è riportata di seguito:

- *Proprietà intellettuali* - in base alla definizione della World Intellectual Property Organization "Per Proprietà Intellettuale (IP) si fa riferimento alle creazioni "della mente", quali per esempio le invenzioni; i lavori letterari e artistici; i progetti di design; e i simboli, i nomi e le immagini usati nel commercio… l'IP è protetta dalla legge attraverso, per esempio, i copyrights, i brevetti e i marchi di fabbrica, che permettono alle persone di ricevere riconoscimenti o benefici economici da quello che creano o inventano" [54]. Nell'industria manifatturiera i dati determinano il processo di produzione di un prodotto, e hanno lo stesso valore dei piani di progettazione – *design plan*. Essi contengono informazioni distintive e inimitabili riguardo il prodotto e il modo in cui è fabbricato. Mentre i *design plan* sono spesso ben custoditi e protetti dagli accessi esterni non autorizzati, i dati di produzione sono lasciati frequentemente esposti e insicuri nei computer collegati ai macchinari. Un computer infetto nella rete o semplicemente una chiavetta USB è sufficiente per ottenere questi dati. In alternativa, gli hacker possono attaccare la rete aziendale sfruttando le sue vulnerabilità quali router o switcher non protetti [55].

  In molti casi le compagnie tengono le informazioni che rendono i loro prodotti originali e/o distintivi segrete, decidendo di non registrarli come proprietà intellettuali. In tal caso si parla di segreto industriale e siccome non c'è una forma di protezione contro le imitazioni, la sicurezza di queste informazioni risulta a maggior ragione importante;

- *Dati personali e privacy* – i dati personali sono una delle informazioni più sensibili dal momento che riguardano la sfera privata degli individui. Uno dei modi per proteggere i dati è non processarli. Tuttavia, ciò risulta di difficile (se non impossibile) applicazione nel contesto di Industria 4.0. Ci sono però varie tecniche e principi di protezione per garantire che i dati siano elaborati nella maniera corretta e più sicura possibile [56]. L'obiettivo finale è quello di preservare la privacy dei clienti e dei dipendenti, e la confidenzialità nel caso in cui i dati relativi ai segreti industriali fossero processati;
- *L'operatività aziendale* – Con la crescente interconnessione delle reti che collegano i processi e le macchine, la sicurezza dei dati è una sfida impegnativa ma fondamentale per consentire la funzionalità delle macchine e delle aziende in senso ampio. Un rischio potrebbe essere quello di un virus che infetta la rete di una *smart factory*, impedendole di funzionare correttamente. Inoltre, sarebbe anche possibile trafugare dati sensibili, manipolare i processi di produzione e, in casi estremi, danneggiare l'intero ambiente lavorativo. I danni causati da attacchi di questo tipo potrebbero superare quelli degli attacchi convenzionali [57]. Perciò la sicurezza digitale non è solo rilevante per la protezione della privacy e delle proprietà intellettuali ma anche per la funzionalità stessa delle aziende.

  Le regole e i principi di sicurezza comuni contro gli attacchi non sempre funzionano nel caso dei computer industriali. Per prima costa, fermare un processo all'interno di una fabbrica, anche per periodi di tempo relativamente brevi, può causare problemi economici e logistici significativi. Ciò rende difficile persino il semplice riavvio di un computer per l'installazione di una nuova componente, in questo caso legata alla sicurezza. In secondo luogo, alcune machine sono in funzione per molti anni, spesso decenni, e le tecnologie che adoperano diventano obsolete. Questa è la principale causa della vulnerabilità di questi sistemi, i quali sono stati progettati in un'epoca nella quale il protocollo TCP/IP non esisteva ancora e le connessioni avvenivano con interfacce software meno affidabile e sicure.

  Gli imprenditori sono spesso all'oscuro di queste vulnerabilità nei loro sistemi. Si stima che più del 70% delle aziende non abbia implementato delle soluzioni per

la protezione dei dati [58]. Un punto di partenza per aumentare la sicurezza dei dati nel contesto di Industria 4.0 è rappresentato dall'impiego di diversi metodi e procedure che dovrebbero essere familiari a tutto il personale dell'azienda, il che si traduce in ulteriori investimenti in formazione.

Un report del 2014 del BSI, l'agenzia tedesca per la sicurezza informatica, riferisce di un attacco hacker a un'acciaieria tedesca. Tramite delle tecniche informatiche sofisticate e l'uso dell'ingegneria sociale, gli hacker sono entrati nella rete dell'impianto causando l'interruzione di diversi processi aziendali e impedendo lo spegnimento dell'altoforno, lasciandolo in uno stato indeterminato. Questo incidente ha comportato notevoli danni all'impianto. Inoltre, vista la complessità del sistema informatico e le difficoltà relative nel prenderne il controllo, si assume che qualcuno dall'interno abbia collaborato con gli hacker [59].

- *Protezione ambientale* – le imprese che svolgono attività con sostanze pericolose e si servono per le operazioni delicate di macchine *smart* connesse alla rete, possono costituire un pericolo per l'ambiente.

  Nel 2014, la Corea del Sud è stata colpita da un attacco ai sistemi informatici dei suoi impianti nucleari, sollevando il timore che gli hacker avessero spostato il loro interesse verso le infrastrutture chiave. I report ufficiali dicono che a essere trafugati siano stati solo dei dati e delle informazioni non critiche. Nonostante i dirigenti degli impianti fossero sicuri che gli hacker non avrebbero potuto ottenere dati importanti per la sicurezza, è stata condotta un'ispezione di tutte le infrastrutture chiave del Paese contro il cyber-terrorismo [60].

  Questo esempio dimostra come i dati e la sicurezza delle reti siano di estrema importanza quando un'organizzazione opera con materiali e processi a grande rischio ambientale (quali le scorie nucleari o altri materiali dannosi).
- *Salute e sicurezza* – quando le macchine e le persone interagiscono nello stesso ambiente di lavoro è importante riuscire a prevedere con precisione le azioni delle macchine per evitare danni alla salute e alla sicurezza degli individui. Se, infatti, le reti e le macchine a cui sono connesse venissero manipolate a causa di una *data*

security non adeguata, le macchine potrebbero agire in maniera diversa rispetto a quella programmata.

In un impianto produttivo della Volkswagen, in Germania, un uomo di 22 anni stava aiutando a montare un robot usato per l'assemblaggio dei veicoli quando è stato afferrato dalla macchina e spinto contro una piastra metallica, causandone la morte [61]. Seppure il malfunzionamento del robot non sia stato intenzionale, potrebbero verificarsi dei casi nei quali gli hacker modificano deliberatamente il software delle macchine.

Un'altra situazione nella quale la *data security* potrebbe rivelarsi essenziale per preservare la salute e la sicurezza è il caso degli ospedali *smart* in cui i macchinari e i sensori sono usati per monitorare i pazienti e curarli secondo le loro necessità. Se degli hacker dovessero prendere il controllo della rete di questi ospedali si configurerebbero dei gravi e seri rischi per la salute dei pazienti.

3.2 Le conseguenze della digitalizzazione

La transizione delle aziende verso il paradigma di Industria 4.0 avrà delle ripercussioni sulla struttura dell'industria dal momento che le tecnologie avranno un ruolo sempre più rilevante e permettono di modificare i processi produttivi, renderli più flessibili, dinamici e veloci, e automatizzare molte funzioni prima ricoperte dagli esseri umani. Sicuramente l'automazione, realizzabile attraverso varie tecnologie quali la robotica, l'IoT, ecc. rappresenta uno dei temi più caldi relativi a Industria 4.0, soprattutto per le conseguenze sul mondo lavorativo che questa può avere. Nel documentario "Do you trust this computer?" viene mostrato un robot in grado di svolgere una vasta serie di compiti manuali, che costa quanto lo stipendio annuale di un operaio semplice, ed è in grado di sostituire tre lavoratori in quanto non necessita di pause [62]. Tecnologie come questa mettono evidentemente a rischio molti posti di lavoro. Un altro effetto della digitalizzazione sarà l'integrazione estesa dei servizi nei prodotti. Nel seguito analizziamo questi due aspetti.

3.2.1 Le conseguenze sul mondo del lavoro

La diffusione e l'implementazione delle tecnologie digitali nelle aziende avrà sicuramente delle importanti conseguenze. Se è vero che l'applicazione delle tecnologie in contesti nuovi apra degli scenari del tutto inesplorati e, quindi, delle opportunità da cogliere, è certamente anche vero che questo cambiamento avrà dei risvolti non meno forti sul piano economico e sociale [63]. Lo sviluppo delle tecnologie digitali porta con sé due cambiamenti sociali: da una parte avrà degli effetti benefici, in particolare per quanto riguarda il reddito e la capacità di consumare, ma la *digitization* porta con sé anche delle sfide difficili che riguardano l'ammodernamento dei sistemi economici e industriali [64]. Per *digitization* si fa, quindi, riferimento al processo di cambiamento socioeconomico innescato dall'introduzione delle tecnologie digitali nell'industria manifatturiera. Due fasi della *digitization* possono essere individuate. La prima coincide con la terza rivoluzione industriale durante la quale le tecnologie vennero introdotte in quei settori dell'economia in cui la produzione, il consumo e la comunicazione sono basate su transazioni invisibili e sull'uso dei dati e dell'informazione [64]. La seconda fase è attualmente in corso e mira a introdurre la *digitization* negli oggetti fisici di ogni genere.

Due temi sono centrali nella discussione relativa alla *digitization* dell'industria:

- Gli effetti sul livello di occupazione;
- La trasformazione delle attività lavorative e le abilità che saranno richieste per svolgerle.

Il discorso relativo alle possibili perdite di lavoro a causa della *digitization* è legato fondamentalmente al dibattito sulla disoccupazione causata dalla tecnologia. Stando alle teorie di John Maynard Keynes, l'aumento dell'efficienza tecnica avviene più rapidamente di quanto si riesca a gestire il problema dell'assorbimento del lavoro [65]. In risposta a questa visione, Ricardo sostiene che gli effetti a breve termine sull'occupazione causati dal cambiamento tecnologico siano sempre compensati nel lungo periodo dai progressi a livello di efficienza, di nuovi prodotti, di nuovi mercati e di nuove opportunità lavorative [66]. Altri non vedono una stretta relazione tra rivoluzione tecnologica e impatto sull'occupazione. La causa di questo è l'impiego delle tecnologie

in molti e svariati contesti. Nonostante ci sia una carenza di studi empirici sulla correlazione tra evoluzione tecnologica e impatto sul mercato del lavoro, nella letteratura predomina una visione ottimista sugli effetti a lungo termine portati da Industria 4.0. Questo perché bisogna osservare gli effetti positivi e negativi sull'occupazione alla luce dei miglioramenti dell'efficienza produttiva e del calo dei prezzi, che contribuiscono all'apertura di nuovi mercati [67].

In base agli studi di Spath et al., la maggioranza delle imprese manifatturiere ritengono che il tasso occupazionale nel settore industriale rimarrà rilevante nei prossimi anni [68]. Uno studio condotto dal Boston Consulting Group sull'industria manifatturiera tedesca sostiene la stessa teoria: "Nella nostra analisi dell'impatto di Industria 4.0 sulla manifattura tedesca, abbiamo stimato che la crescita che stimola porterà a un incremento del 6% del tasso occupazionale nei prossimi 10 anni… E la domanda per i lavoratori specializzati in meccanica potrà aumentare ancora di più, di circa il 10% nello stesso arco di tempo".

Altri autori sostengono, invece, che questo meccanismo di compensazione non sia più valido nelle condizioni attuali di diffusione della tecnologia, come lo era in passato. Il rapido sviluppo e la diffusione su larga scala delle tecnologie digitali stanno creando un crescente gap tra la domanda di nuove tecnologie e la capacità delle strutture socioeconomiche di adattarsi al cambiamento. Brynjolfsson and McAfee parlano di una "…inabilità delle nostre abilità, organizzazioni e istituzioni nel tenere il passo del cambiamento tecnologico" [69]. Questo ha come effetto la riduzione crescente dei posti lavorativi dal momento che la domanda per molte competenze e qualificazioni si sta riducendo. Un'analisi condotta da Frey e Osborne sul mercato lavorativo americano, rinforza la visione secondo la quale molte perdite di posti di lavoro saranno strettamente legate all'adozione di nuove tecnologie nei processi industriali. Gli autori hanno sviluppato un modello che mostra per categoria lavorativa il grado d'influenza che ha su questa la tecnologia. Questa metodologia è usata per valutare la probabilità di 702 professioni di venire rimpiazzate dalla tecnologia, e l'impatto sul mercato lavorativo americano. Le professioni sono divise in a basso, medio e alto rischio di sostituzione. Essi sostengono che non solo i compiti semplici possano essere automatizzati ma anche e soprattutto quelli complessi. Essi concludono che circa il 47% delle professioni dai più

vari settori dell'economia possano essere sostituite in questa maniera. Frey e Osborne individuano due diversi momenti storici di stravolgimenti dettati dalla tecnologia nei prossimi decenni: la prima riguarderà l'automazione di mansioni fortemente ripetitive e, almeno in parte, attività non *routinizzate*. La seconda si allargherà alle professioni comprendenti attività creative e interattive. Tuttavia, prevedono che quelle professioni che richiedono molte *soft skills* quali l'intelligenza sociale, rientreranno nella categoria a basso rischio [70]. Delle analisi condotte sul mercato europeo raggiungono delle conclusioni molto simili. Uno studio della banca INGDI ha preso in analisi l'81% dei lavoratori tedeschi con professioni di "basso livello". La conclusione a cui giunge è che circa il 59% di questi lavori sono a rischio nella loro forma attuale a causa del crescente grado di digitalizzazione dell'industria tedesca. Gli autori dello studio sottolineano, però, come il cambiamento non avverrà in modo drastico ma lentamente e gradualmente.

Nonostante molti studiosi siano concordi sul fatto che l'introduzione delle tecnologie possa comportare un restringimento della quantità dei posti di lavoro, c'è un forte disaccordo sulla portata di questo cambiamento. In riferimento agli studi menzionati sopra che tendono a presentare una visione estremamente pessimista del quadro occupazionale, alcuni autori sottolineano come questo genere di analisi siano svolte a partire dai dati raccolti, in maniera quantitativa tralasciando i dettagli qualitativi. Per esempio, alcune analisi prendono in oggetto il grado di occupazione in un settore lavorativo in diversi periodi temporali e da questo estraggono una previsione dell'andamento futuro del mercato lavorativo che, però, essendo basata su dati statici, non comunica come le professioni e gli operatori che in prima persona le svolgono possano reagire all'evoluzione del contesto lavorativo, in alcuni casi cogliendo l'occasione per sviluppare competenze utili a complementare il valore aggiunto dall'applicazione delle tecnologie. In accordo con queste considerazioni, Bonin et al. giungono a delle previsioni nettamente meno negative, valutando in nove punti percentuale le professioni a forte rischio di automazione negli US, mentre nel 12% per quanto riguarda la Germania [64].

Nella sezione successiva viene affrontato il tema di come le professioni evolveranno per tenere il passo coi cambiamenti tecnologici, e per mantenere un ruolo determinante nel settore di competenza. Al fine di rendere agevole la transizione al nuovo paradigma

tecnologico/industriale, detto Industria 4.0, si rende pertanto necessaria l'istituzione di programmi formativi atti a integrare i lavoratori con nuove competenze e abilità.

3.2.2 Dal prodotto al servizio

Uno dei principali risultati della seconda rivoluzione industriale è stata l'adozione di macchine per la produzione in grandi volumi di prodotti standardizzati, favorendo la riduzione dei costi a vantaggio dei profitti. Per più di un secolo, le organizzazioni hanno cercato di ottimizzare i benefici derivanti dalle economie di scala offrendo poche o nessuna opzione di personalizzazione. A partire dalla fine degli anni 80, con l'inizio della Terza Rivoluzione Industriale, i prodotti sono stati via via integrati con offerte di servizi che li rendessero più appetibili per i consumatori. È stato creato valore aggiunto inserendo, per esempio, nuovi servizi di assistenza post-vendita, una più ampia scelta di colori e altre opzioni di personalizzazione. Nel mercato business-to-business per creare, mantenere e sviluppare relazioni di lungo periodo coi clienti e i fornitori esiste la necessità di implementare dei servizi, da quelli finanziari, a quelli post-vendita o di formazione.

Sono state suggerite varie classificazioni per i servizi. Per quanto concerne quelli industriali, Kotler ha distinto due gruppi: servizi di manutenzione e di riparazione il primo, e servizi di consulenza per il business il secondo [71]. Nel settore dei servizi di prodotto la classificazione è sulla base di quando il servizio viene erogato rispetto alla vendita del prodotto - prima, durante o dopo [72].

Le aziende affrontano il tema della *servitization* in modi diversi. Alcune compagnie limitano l'offerta di servizi a quelli tradizionali come i servizi post-vendita mentre altre provano a offrire servizi fuori dall'ordinario. In alcuni casi la relazione tra il servizio e le capacità *core* dell'azienda è evidente (e.g. la riparazione dei motori per un'azienda automobilistica) mentre in altri casi è meno intuititiva [73]. Un esempio è l'acquisizione da parte di Adidas, famoso marchio tedesco dell'abbigliamento sportivo, dell'applicazione Runtastic, dedicata ai corridori. Questa scelta si giustifica alla luce dei dati che l'app raccoglie sulle abitudini dei propri utilizzatori e che possono essere sfruttati per consigliare l'acquisto di un nuovo paio di scarpe dopo che si ha percorsa una certa distanza, ecc.

Il passaggio da un orientamento al prodotto a un focus sul servizio – detto anche *servitization* – ha molteplici spiegazioni. Per prima cosa, le aziende manifatturiere hanno compreso che i clienti sono sempre meno disposti a pagare per degli incrementi solo qualitativi e la crescita della domanda di servizi è in ascesa [17]. C'è un'evidente ragione economica legata ai profitti ricavabili dai prodotti durevoli, cioè con lunghi cicli di vita, e al fatto che i servizi offrono in genere margini migliori dei prodotti e sono una fonte di ricavi più stabile nel tempo. Infine, c'è un discorso competitivo: i servizi essendo basati sull'esecuzione intensiva di *task* non visibili dall'esterno, sono difficilmente imitabili diventando perciò una risorsa importante di vantaggi competitivi. Per queste ragioni, in risposta allo spostamento della produzione nei Paesi con un basso costo del lavoro, le Nazioni più industrialmente avanzate hanno trovato un'alternativa nell'offerta di servizi distintivi integrati ai prodotti, riducendo il gap competitivo.

Lo spostamento dal prodotto al servizio è stato anche motivato dal crescente utilizzo e sviluppo delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT), che han consentito alle organizzazioni di migliorare le loro performance in termini di qualità, produttività, flessibilità e logistica e di offrire tipologie di servizi non immaginabili e/o realizzabili precedentemente [11]. La *servitizazion* e l'ICT sono i perni della quarta rivoluzione industriale.

Nonostante ci sia una grande attenzione della letteratura sul tema, la transizione dai prodotti ai servizi è stata relativamente lenta e cauta [74]. Le principali sfide derivano dalla poca fiducia delle imprese nel successo economico di tali iniziative, nel fatto che possano ritenere di non possedere le competenze adeguate oppure nella pianificazione errata delle strategie per l'erogazione dei servizi.

3.3 Conclusioni

Come si è visto, la trasformazione tecnologica non può prescindere dalla presenza di una serie di condizioni che ne rendano rapida ed efficace l'implementazione. I prerequisiti individuati sono di natura tecnologica (e.g standardizzazione delle interfacce, dei protocolli usati nell'IoT), gestionale (e.g. innovazione dei *business model*), organizzativa

(e.g. nuove modalità di cooperazione tra gli attori della *value chain*), legislativa (il bisogno di un quadro giuridico che sostenga il *framework* di Industria 4.0) e formativa.

Inoltre, sono state discusse alcune delle conseguenze principali: il ridimensionamento del mondo lavorativo e il crescente connubio prodotto-servizio.

Questi ed altri aspetti sono riportati nell'analisi SWOT in Tabella 7.

PUNTI DI FORZA (Strengths)	**DEBOLEZZE (Weaknesses)**
▪ Incremento della produttività con ricadute positive sulla competitività e sui ricavi, utilizzo più efficiente delle risorse fisiche e umane, maggiore competitività; ▪ Aumento delle occupazioni altamente qualificate e ben remunerate; ▪ Maggiore capacità di soddisfare le esigenze del cliente e del mercato grazie alla personalizzazione e alla varietà dei prodotti/servizi; ▪ Gestione flessibile della produzione.	▪ Dipendenza da una serie di fattori di successo quali la standardizzazione delle tecnologie, un ambiente di sviluppo adeguato, la disponibilità di risorse umane formate adeguatamente, R&D e investimenti; ▪ Costi di sviluppo e implementazione; ▪ Riduzione dei posti di lavoro meno qualificati; ▪ Bisogno di politiche immigratorie per attirare profili già formati su I4.0.
OPPORTUNITÀ (Opportunities)	**MINACCE (Threats)**
▪ Nuove opportunità di mercato per i prodotti e i servizi; ▪ Contrasto ai fattori demografici (di invecchiamento della popolazione) tramite sistemi di produzione automatizzati e intelligenti; ▪ Nuove possibilità di business e di integrazione nelle value chains per le PMI.	▪ Problemi legati al mantenimento della segretezza dei dati; ▪ Rischio per i lavoratori e le aziende di non essere consapevoli delle opportunità di 4.0 o di non disporre dei mezzi per coglierle; ▪ Vulnerabilità delle value chains mondiali a causa di mercati sempre più connessi tra loro;

TABELLA 7. ANALISI SWOT DI INDUSTRIA 4.0

Capitolo IV - Le politiche europee su Industria 4.0

Questo capitolo affronta il tema delle politiche industriali dei Paesi Europei per far fronte ai cambiamenti tecnologici che stanno permeando il settore industriale in maniera sempre più marcata. È diventato, infatti, un pensiero comune quello di disporre di misure chiare e obiettivi misurabili per spronare le aziende del settore manifatturiero a intraprendere un percorso di digitalizzazione dei processi produttivi. L'Unione Europea ha contribuito a fissare delle linee guida su come gestire il passaggio tecnologico a Industria 4.0 nei Paesi partner e questo tipo di consigli sono rintracciabili in maniera più o meno evidente nei programmi formulati a livello nazionale.

La produzione industriale negli ultimi anni si è sempre più mossa verso le Njazioni che garantivano un basso costo del lavoro, stravolgendo in molti casi il tessuto economico delle Nazioni industrialmente avanzate. Il grado di benessere di cui beneficiano queste ultime sarà difficilmente replicabile su scala globale a meno di un ripensamento dei modi e delle tecniche con cui i prodotti e i servizi vengono creati ed erogati. Ciò deve essere realizzato in considerazione delle risorse disponibili che sono in progressiva diminuzione [75].

I Paesi dell'Unione Europea hanno caratteristiche e storie industriali eterogenee. Per questa ragione non è possibile pensare a delle misure in materia di digitalizzazione applicabili in modo estensivo e rigido. C'è invece il bisogno di disporre di principi cardine ai quali le Nazioni possano ispirarsi per la stesura dei piani di sviluppo. La diversità nelle politiche industriali può, inoltre, rivelarsi un vantaggio in quanto permette di sperimentare delle strategie che, in caso di successo, vengono copiate e implementate dagli altri Paesi.

Nel seguito sono presentate e messe a confronto le iniziative digitali di Germania, Francia, Italia, Olanda, Regno Unito, Repubblica Ceca, Spagna e Svezia. Sono, quindi, delineati le caratteristiche, gli obiettivi, le aree di influenza, le politiche di finanziamento, le barriere all'adozione ei risultati emersi relativi ai programmi di sviluppo tecnologico.

4.1 Le caratteristiche dei piani su Industria 4.0 nell' Unione Europea

La transizione al nuovo paradigma industriale sta ponendo delle difficoltà alle aziende europee. Come dimostra uno studio dell'Unione Europea sull'adozione delle tecnologie digitali nell'industria, il 41% delle imprese dichiara di non avere ancora fatto investimenti in chiave Industria 4.0 [76]. Tuttavia, ci sono dei segnali incoraggianti su un cambio generale di mentalità da parte dei management aziendali. Un report del 2017 mostra, infatti, che il 75% delle aziende intervistate vedono la *digitization* come un'opportunità, mentre il 64% di quelle che hanno fatto degli investimenti tecnologici, riportano dei buoni risultati [77].

I Paesi Europei negli ultimi anni stanno sviluppando la consapevolezza di quanto sia importante disporre di un'industria all'avanguardia sui temi di Industria 4.0. Seppure accomunati dalle intenzioni, le differenze nelle modalità e negli obiettivi con cui hanno impostato la campagna di *digitization* sono notevoli. Queste divergenze costituiscono una fonte preziosa di esperienze intraprese dai singoli Stati membri; è quindi evidente come la cooperazione e lo scambio di informazioni sistematici siano un fattore di accelerazione nel conseguimento degli obiettivi di ammodernamento industriale.

Nella Tabella 8 sono riportate delle informazioni riguardo le date di lancio, i budget stanziati e gli approcci al finanziamento usati nelle politiche di digitalizzazione dei Paesi oggetto dell'analisi.

Paese	Data di lancio	Budget (in Euro)	Approccio finanziamento
Francia	2015	10 miliardi	Misto
Germania	2011	200 milioni	Misto
Italia	2012	45 milioni	Pubblico
Olanda	2014	25 milioni	Misto
Spagna	2016	97,5 milioni	Pubblico
Svezia	2013	50 milioni	Misto
Regno Unito	2012	164 milioni	Misto

Repubblica Ceca	2016	Non disponibile	Pubblico

TABELLA 8. DATI CHIAVE DELLE POLITICHE EUROPEE SU INDUSTRIA 4.0

La Francia ha il budget più elevato, 50 volte superiore a quello della Germania che è seconda in quanto a finanziamenti stanziati. L'Italia è tra i Paesi che hanno investito meno nel 2016 ma c'è da notare che un altro piano dedicato a Industria 4.0 ha avuto il via agli inizi del 2017 e prevedere misure più sostanziose.

Le modalità di finanziamento sono un altro elemento di differenziazione. La maggior parte dei Paesi usa un approccio misto in cui a contribuire è il pubblico e il privato. Alcuni Paesi, tra cui l'Italia, puntano soprattutto sui finanziamenti pubblici. Nel caso dell'Italia ciò è dovuto al focus che è stato dato sulla ricerca di soluzioni innovative spesso a livello universitario per cui un ritorno economico diretto per le imprese non è facilmente intravedibile, limitando perciò gli investimenti da parte del settore privato. Anche in merito a questo punto ci sono stati dei notevoli mutamenti da quando è partito il Piano Industria 4.0, con una partecipazione più intensiva del mondo industriale.

Le politiche di sviluppo incentrate su Industria 4.0 sono parte di programmi più ampi che danno una visione sugli approcci alla ricerca, all'innovazione e all'industria. Per esempio, la francese *Industrie du future (IdF)* è collegata al piano *New Industrial France* mentre l'iniziativa italiana Cluster Tecnologico Nazionale Fabbrica Intelligente è stata concepita all'interno di un piano che tra gli altri temi pone le sfide riguardanti il cambiamento climatico, la diminuzione e la scarsa disponibilità di risorse, i cambiamenti demografici, ecc.

Le ragioni dietro questi progetti sono eterogenee. Nel caso della Francia, la difficoltà nello stimolare gli investimenti nella manifattura unita alla scarsa digitalizzazione dei processi produttivi sono state le forze trainanti. In Olanda è stato invece il basso livello di occupazione collegato all'industria manifatturiera. In alcuni Stati membri i programmi di Industria 4.0 sono nati insieme a dei progetti di ampio respiro strategico, per evolvere successivamente in progetti indipendenti. Il piano tedesco *Industrie 4.0* è partito come uno dei dieci progetti collegati all'iniziativa *High Tech Strategy 2020*. Anche in Spagna *Industria Conectada 4.0* era inizialmente incluso in un piano strategico per l'ammodernamento industriale.

4.1.1 Gli obiettivi strategici

I piani di azione degli Stati membri mostrano delle somiglianze, specialmente per quanto riguarda gli obiettivi. Questi sono focalizzati sulla crescita della competitività delle economie nazionali attraverso l'ammodernamento dell'industria. Spesso gli obiettivi sul piano economico sono accompagnati a quelli ambientali e sociali.

Le modalità con cui intendono perseguirli sono il principale fattore di diversità. La maggior parte dei Paesi si concentra sul miglioramento della produttività e dell' efficienza dell'industria, e in questo approccio si contraddistingue la Germania che è un Paese altamente legato alla manifattura e necessita di continui *step* evolutivi in termini di performance produttive per tenere il passo con la concorrenza straniera a basso costo .

Altri obiettivi diffusi sono la creazione e la diffusione di tecnologie di nuova generazione (Italia, Regno Unito), lo sviluppo di nuovi prodotti ed il miglioramento dei processi produttivi (Germania e Italia), e il sostegno alle piccole-medie imprese nell'innovazione e nella promozione delle offerte commerciali.

Francia e Spagna forniscono prestiti alle imprese che partecipano al programma. Nel caso della Spagna l'entità del prestito varia a seconda del tipo di interventi tecnologici pianificati e delle caratteristiche dell'azienda (dimensione, settore operativo, ecc.) e può coprire dal 25 al 30% della spesa. In Francia sono disponibili varie forme di finanziamento tra cui i prestiti e gli sgravi fiscali [78].

In Svezia il piano P2030 è diretto e finanziato principalmente dall'industria. Questo approccio consente di tenere il polso delle esigenze delle imprese.

L'elemento caratterizzante il piano inglese Catapult è la messa a disposizione delle aziende, comprese le PMI, di tecnologie di ultima generazione e delle competenze di esperti in materia di tecnologie abilitanti Industria 4.0, tramite i centri tecnologici. Il sostegno fornito diminuisce il rischio incorso dalle imprese nei progetti innovativi stimolando quindi iniziative di questo genere.

Nonostante la ricerca di nuove soluzioni tecnologiche abbia una grande importanza all'interno dei piani nazionali, viene dato maggiore rilievo alla diffusione delle

innovazioni, con l'eccezione dell'Italia che è focalizzata sulle attività di ricerca e sviluppo.

Paese	Focus strategico	Focus tecnologico/strategico
Francia	Diffusione paradigma	Trasporti, Internet of Things, intelligenza artificiale, Big Data, High Performance Computing, sicurezza digitale, salute pubblica, città smart
Germania	Diffusione paradigma	Sistemi Cyber-Fisici, Internet of Things
Italia	Ricerca e sviluppo	Generico
Olanda	Diffusione paradigma	Generico
Spagna	Misto	Piattaforme digitali, Big Data, applicazioni collaborative
Svezia	Diffusione paradigma	Generico
Regno Unito	Diffusione paradigma	Aerospaziale, automobilistico, chimica, nucleare, farmaceutico, elettronico
Repubblica Ceca	Diffusione paradigma	Generico

TABELLA 9. FOCUS STRATEGICO E TECNOLOGICO

Inoltre, non c'è un settore specifico che attira le attenzioni delle politiche industriali. Da un punto di vista tecnologico, l'Internet of Things e i Cyber Physical Systems sono le tecnologie che destano maggiore interesse, tuttavia, solo Francia e Germania hanno elaborato piani specifici per il loro sviluppo. Questo dimostra che i programmi sono stati concepiti per avere un impatto su tutti i settori industriali senza favorire alcune tecnologie rispetto ad altre.

Svezia e Italia puntano sulla sostenibilità della produzione industriale mentre in Spagna il focus è sulla comunicazione delle informazioni che possano stimolare il passaggio al nuovo paradigma tecnologico. In Olanda i principali risultati attesi riguardano la

riduzione dei costi di produzione, la gestione flessibile dei volumi lavorativi e il soddisfacimento delle esigenze di mercato [78].

4.1.2 Le fonti di finanziamento

I programmi di digitalizzazione fanno largo affidamento sulle risorse economiche pubbliche. Tuttavia, i finanziamenti privati sono altrettanto importanti e le modalità con le quali le aziende sono coinvolte variano.

Da tenere in considerazione è il rapporto tra i soldi investiti in innovazione, formazione, macchinari e infrastrutture e quelli generati come risultato diretto. A distinguersi sotto questo punto di vista è il Regno Unito che vanta un rapporto di 17:1, il che significa che per ogni sterlina investita nel programma il valore generato è di 17 sterline [79]. Questo successo è in larga parte legato alla capacità dei centri tecnologici inglesi di assicurarsi importanti entrate grazie ai contratti di ricerca. Inoltre, la collaborazione con questi centri offre la possibilità di confrontarsi e di stabilire relazioni commerciali con le aziende che partecipano al programma.

4.1.3 Risultati

Le politiche di sviluppo hanno prodotto risultati qualitativi e quantitativi tangibili. Nel contesto francese più di 800 aziende hanno ricevuto dei prestiti e 3,400 sono stati gli audit tecnologici condotti mentre il programma svedese ha finanziato 30 progetti coinvolgendo 150 imprese [78]. Nonostante i risultati raggiunti, si evidenzia la mancanza di obiettivi chiari sui quali effettuare delle comparazioni e determinare la bontà dei piani. In questo il programma HVMC si distingue: il valore generato dalle innovazioni rappresenta il 123% dell'obiettivo fissato nel periodo 2013-2015, mostrando come la richiesta di servizi e di supporto sia stata superiore alle attese [80].

Paese	**Titolo**	**Risultati raggiunti**
Francia	Alliance pour l'Industrie du Futur	Più di 800 prestiti alle imprese; 3400 audit per ammodernare l'industria;

		Coinvolti più di 300 esperti/consulenti nel progetto; Coinvolgimento di 18 regioni.
Germania	Plattform Industrie 4.0	Riduzione della segregazione/isolamento industriale; Trasformazione dei risultati di ricerca in progetti concreti; Sviluppo dell'architettura di riferimento e lancio della piattaforma con 150 membri.
Italia	Cluster Fabbrica Intelligente	Creazione di una piattaforma e di una comunità manifatturiera; Implementazione di un progetto con quattro priorità.
Olanda	Smart Industry	Creazione di 14 laboratori dedicati entro la fine del 2016.
Spagna	Connected Industry 4.0	Pianificazione dei progetti di ricerca e di innovazione; Sostegno alle imprese.
Svezia	Produktion 2030	Finanziati oltre 30 progetti; Coinvolti più di 150 business; Creazione di corsi di dottorato dedicati ai temi di Industria 4.0 finanziati al 50% dall'industria.
Regno Unito	High-Value Manufacturing Catapult	Il valore generato dal progetto è superiore del 23% alle attese.
Repubblica Ceca	Prumysl 4.0	Non disponibile

TABELLA 10. NOMI INIZIATIVE NAZIONALI E RISULTATI

Tuttavia, un'indagine a livello europeo sull'adozione delle tecnologie abilitanti Industria 4.0 (nella fattispecie social media, servizi mobile, tecnologie *cloud*, *internet of things*,

sicurezza digitale, robotica e automazione, e *big data* e *data analytics*) ha evidenziato come nel campione di imprese intervistate solo il 44% abbia svolto degli investimenti di rinnovamento tecnologico [81]. Di queste, il 64% si considera soddisfatta dei risultati raggiunti e il 54% dichiara di avere ottenuto dei miglioramenti in termini di produttività.

La disponibilità di risorse umane con le competenze e le abilità per implementare le tecnologie digitali è riportata nella tabella seguente.

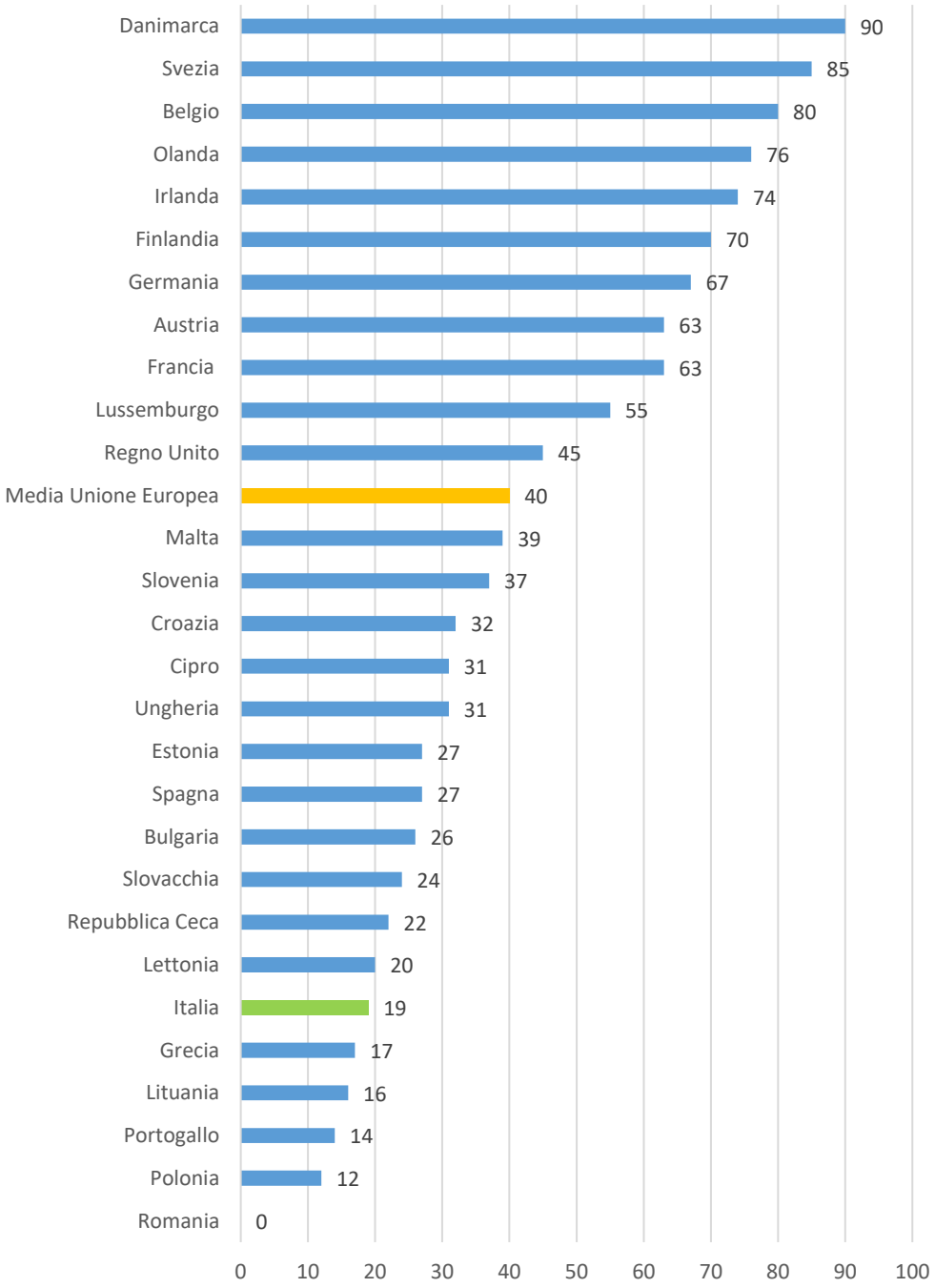

TABELLA 11. FORNITURA E DOMANDA DELLE COMPETENZE DIGITALI NELL' UNIONE EUROPEA

La Danimarca è al primo posto in questa classifica seguita da vicino da Svezia e Belgio. Olanda, Irlanda, Finlandia e Germania si posizionano subito dietro con un punteggio di molto superiore a quello della media tra i 28 Paesi europei che si attesta a 40. L'Italia si è nelle parti basse della classifica assieme a Paesi industrialmente meno avanzati quali la

Lettonia, la Grecia e la Lituania. È evidente la necessità di recuperare su questo terreno anche perché studi empirici dimostrano la correlazione positiva tra la disponibilità di competenze digitali e l'abilità di implementare le nuove tecnologie [81], come mostrato nella Tabella 12.

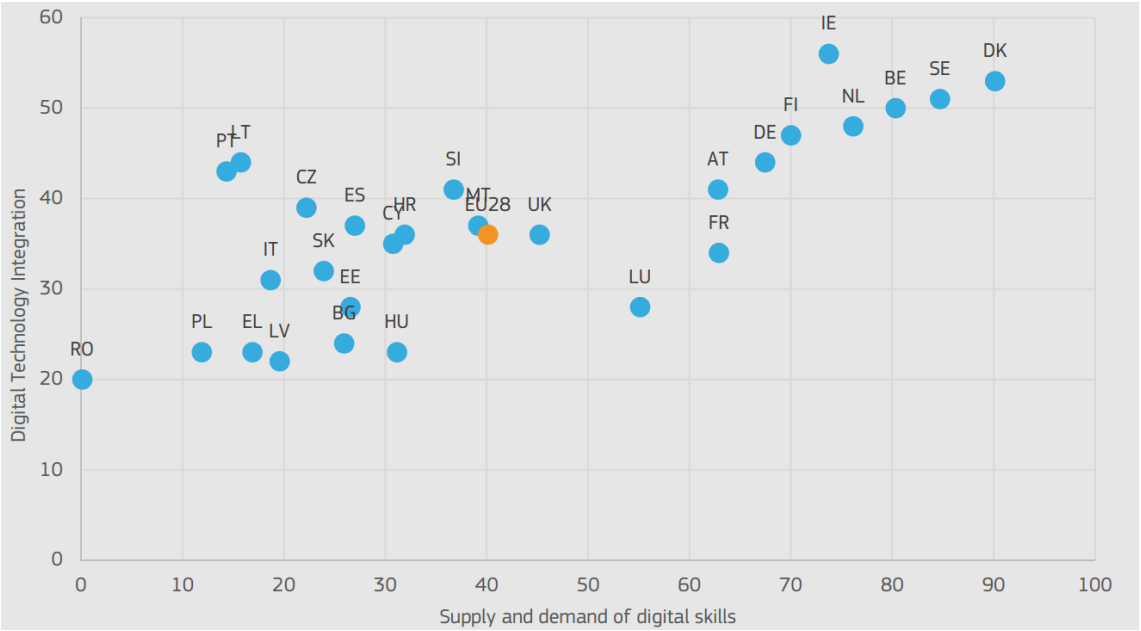

TABELLA 12. CORRELAZIONE TRA FORNITURA E DOMANDA DI ABILITÀ DIGITALI E LA CAPACITÀ DI IMPLEMENTARE LE NUOVE TECNOLOGIE

4.2 Lezioni apprese dalle iniziative nazionali su I4.0

I programmi di digitalizzazione sono, come già visto in precedenza, sostenuti da finanziamenti per buona parte di origine pubblica, nonostante i privati ricoprano un ruolo determinante, e nascono con l'obiettivo di aggiornare i parchi macchine delle aziende. Nel caso di Svezia e Repubblica Ceca il *focus* è, invece, sui programmi di formazione necessari per dare ai lavoratori e agli studenti le competenze necessarie rispettivamente ad adattarsi e integrarsi al nuovo ecosistema industriale.

Riguardo la definizione e l'attuazione delle misure innovatrici, quasi tutti i programmi sono stati formati con un approccio *top-down* in cui il Governo di riferimento ha dettato le scelte da intraprendere, seppure dopo un confronto di idee e opinioni con gli altri attori del sistema, industria e università *in primis*. Ancora una volta la Svezia si pone come

un'eccezione, assieme all'Olanda, avendo strutturato il programma tramite un meccanismo a tre punte che coinvolge l'industria, l'università e le istanze della ricerca nella definizione dell'agenda e nell'esecuzione delle sue priorità.

4.2.1 I fattori che guidano le iniziative I4.0

La collaborazione tra i diversi attori del sistema è una delle forze trainanti le politiche industriali volte alla trasformazione tecnologica. In tal senso, il Regno Unito fornisce un esempio di collaborazioni di successo tra i centri tecnologici, i quali organizzano degli incontri in cui le sfide portate dalle tecnologie, unite alle opportunità che queste aprono, sono discusse e dal dibattito possono nascere delle vere e proprie *joint-ventures*. Tra l'altro per questo tipo di collaborazione tra i centri viene stanziato un budget dedicato. In generale, la partecipazione attiva di varie istituzioni (industria, università, mondo della ricerca, ecc.) ai programmi è incoraggiata e in alcuni casi (Francia e Olanda) sono state le richieste provenienti dal mondo accademico e industriale a convincere i Paesi a dotarsi di piani di ammodernamento tecnologico.

Il coinvolgimento delle autorità regionali gioca anche un ruolo importante, dal momento che contribuisce alla creazione di una rete distribuita di conoscenza e all'allineamento delle istanze innovatrici locali con quelle nazionali, facilitando l'applicazione corretta dei principi contenuti nei piani d'azione. Infine, il ruolo giocato dalle autorità pubbliche nel promuovere il paradigma Industria 4.0 è di estrema rilevanza, specialmente laddove l'ecosistema industriale risulta troppo variegato e frammentato per convergere su scelte condivise [78].

Paese	**Coinvolgimento dell'Industria**	**Collaborazione tra i diversi attori**	**Autorità regionali**	**Finanziamenti e iniziative pubbliche**
Francia	X	X	X	
Germania		X		
Italia		X	X	
Olanda	X	X		
Spagna		X		X

Svezia		X	X
Regno Unito	X	X	
Repubblica Ceca		X	

TABELLA 13. FATTORI TRAINANTI LE POLITICHE NAZIONALI SU INDUSTRIA 4.0

4.2.2 Gli ostacoli affrontati

Nell'esecuzione dei programmi su I4.0 si sono palesati diversi ostacoli e barriere. La scarsità di risorse finanziarie e il coinvolgimento delle piccole e medie imprese emergono come alcuni dei fattori maggiormente critici. I progetti svolti su larga scala hanno bisogno di finanziamenti pubblici per prendere il via e costruire una solida base di conoscenze e esperienze per continuare la loro attività. Le iniziative di Industria 4.0 rientrano sicuramente in questa categoria in quanto coinvolgono il tessuto industriale a livello nazionale. Il programma inglese *High Value Manufacturing Centre* ha superato il problema relativo allo stanziamento di fondi grazie alla risposta tempestiva del Governo che ha incrementato le risorse messe a disposizione.

Il secondo punto critico è il coinvolgimento delle PMI, che è complicato dall'impegno gravoso a loro richiesto. Per ovviare a ciò, delle misure speciali sono state messe in campo per sostenerle e prendersi carico della maggior parte dei rischi da loro incorse, anche in progetti ad alto grado di innovazione che sono per loro stessa natura soggetti ad elevate probabilità di fallimento. L'HVMC ha creato al suo interno un'iniziativa chiamata HVM REACH con il preciso obiettivo di coinvolgere e aiutare le PMI.

4.2.3 Analisi SWOT delle politiche industriali

I risultati dell'analisi SWOT sui programmi di I4.0 non restituiscono una visione univoca o, comunque, convergente. Come punti di forza emergono il supporto dato alle imprese, la collaborazione tra gli enti governativi e la partecipazione delle aziende nel finanziamento delle iniziative.

Le principali debolezze sono correlate agli ostacoli evidenziati in precedenza: disponibilità limitata di risorse economiche, basso livello di competenze, assenza di obiettivi e di sistemi di monitoraggio ben definiti, e difficoltà nel coinvolgimento delle piccole-medie imprese all'interno dei programmi. In Francia ci sono dei dubbi riguardo la capacità di misurare con precisione i risultati raggiunti dal piano, mentre la Spagna non ha definito degli obiettivi chiari.

Le opportunità risiedono nella trasferibilità e nella scalabilità delle conoscenze, e nelle occasioni di business e di cooperazioni internazionali che si aprono.

Le minacce sono costituite da un insufficiente scalabilità del modello (che come visto può essere un'opportunità a seconda di come la si guardi) e i disequilibri tra l'impegno messo da parte delle autorità pubbliche e dalle istanze industriali e della ricerca. Paradossalmente, l'HVMC sta attraversando delle difficoltà nel mantenere un equilibrio nel sistema di finanziamento dal momento che ha raggiunto dei risultati decisamente superiori alle aspettative. Il rapporto tra il valore generato e quello investito risulta infatti di 17:1 [82].

Nella sezione successiva vediamo nel dettaglio cosa prevedere il piano italiano di trasformazione tecnologica.

4.3 Il piano Industria 4.0 in Italia

In Italia è stato avviato all'inizio del 2017 il piano Industria 4.0 che ha l'obiettivo ambizioso di stimolare e di rilanciare la competitività dell'industria nazionale attraverso una serie di incentivi e agevolazioni che favoriscono l'innovazione e il passaggio delle aziende al paradigma di Industria 4.0. I principali strumenti messi a disposizione delle imprese sono elencati di seguito:

- *Iper e super ammortamento* – le imprese che acquistano beni strumentali (materiali o immateriali, e.g. software e sistemi IT) funzionali alla trasformazione tecnologica dei processi produttivi, hanno la possibilità di godere di una supervalutazione del 140% (super ammortamento) o del 250% (iper ammortamento) degli investimenti. Dipende dalla tipologia di bene che si sta

acquistando. L'accesso a questo incentivo è aperto a tutte le imprese in fase di redazione del bilancio.

- *Nuova Sabatini* – è una misura atta a facilitare i finanziamenti alle micro, piccole e medie imprese per quegli investimenti relativi all'acquisto di nuovi beni strumentali: macchinari, impianti e attrezzature. Si tratta di un contributo a parziale copertura degli interessi sui finanziamenti bancari di importo compreso tra i 20,000 e i 2,000,000 di euro.
- *Credito d'imposta R&S* – serve a stimolare gli investimenti in ricerca e sviluppo. Consiste in un credito d'imposta del 50% che è riconosciuto fino a un massimo di 20 milioni di euro all'anno per beneficiario. Sono agevolabili tutte le spese relative a ricerca fondamentale, ricerca industriale e sviluppo sperimentale: assunzione di personale altamente qualificato e tecnico, contratti di ricerca con università, enti di ricerca, imprese, startup e PMI innovative, quote di ammortamento di strumenti e attrezzature di laboratorio, competenze tecniche e privative industriali.
- *Patent box* – consiste in una tassazione agevolata sui redditi derivanti dall'utilizzo delle proprietà intellettuali. Serve a rendere il mercato italiano più attrattivo per gli investimenti nazionali ed esteri di lungo periodo. L'obiettivo principali è quello di ricollocare in Italia i beni immateriali attualmente detenuti all'estero e garantire il mantenimento di quelli già presenti sul suolo nazionale. L'agevolazione consiste in una riduzione delle aliquote IRES e IRAP del 50% dal 2017 in poi.
- *Startup e PMI innovative* - Questa misura sostiene le imprese innovative in tutte le fasi del loro ciclo di vita. Comprende una serie di incentivi, di agevolazioni e di servizi. Uno degli incentivi più interessanti riguardare la detrazione fiscale fino al 30% sugli investimenti in capitale di rischio.
- *Costituzione dei centri di competenza* – è stato emesso un bando per la costituzione dei centri di competenza dedicati alle tematiche di Industria 4.0. Il loro compito sarà di svolgere attività di orientamento e formazione alle imprese nonché di supporto nell'attuazione di progetti di innovazione, ricerca industriale e sviluppo sperimentale finalizzati alla realizzazione, da parte delle imprese

fruitrici, in particolare delle PMI, di nuovi prodotti, processi o servizi (o al loro miglioramento) tramite tecnologie di ultima generazione legate al nuovo paradigma industriale. Le risorse stanziate sono pari a 20 milioni di euro per il 2017 e 20 milioni di euro per il 2018.

Risultati del piano nel primo anno di applicazione e obiettivi per il 2018

Le misure contenute nel Piano Nazionale Industria 4.0 hanno avuto un impatto complessivamente positivo sull'economia del Paese nel primo anno di applicazione, cioè nel 2017. I dati del Ministero Economico riportano un incremento degli investimenti del 9% su base annua (che nel caso di macchinari e altri apparecchi sale all' 11,5%), della spesa in ricerca e sviluppo compreso tra il 10% e il 15%, un migliore accesso al Fondo di Garanzia mentre si denotano delle difficoltà negli investimenti svolti nelle prime fasi di trasformazione tecnologica delle imprese e dei ritardi nella costituzione dei centri di competenza.

4.4 Conclusioni

Come è stato notato, le similitudini tra i programmi di Industria 4.0 sono numerose anche grazie all'esistenza di un piano a livello europeo che serve da linea guida per quelli ideati e implementati a livello nazionale.

In particolare, emerge come obiettivo quello di migliorare la competitività dell'industria per tenere il passo con le economie emergenti e a basso costo. Alcune strategie seguite sono il miglioramento dei processi produttivi, l'incremento della produttività, l'offerta di nuovi prodotti e/o servizi, il coinvolgimento delle PMI nella trasformazione digitale.

I principali problemi emersi riguardano la quantità di risorse finanziarie stanziate per i progetti e la difficoltà nello stimolare le piccole-medie imprese a dotarsi delle tecnologie e delle competenze collegate a Industria 4.0. Inoltre, seppure si registrino dei risultati positivi per i piani nazionali, mancano degli obiettivi chiari sui quali comparare gli *output* dei progetti.

Infine, ci sono delle sostanziali differenze organizzative con la maggioranza dei Paesi dell'Unione Europea che prediligono un approccio top-down in cui a decidere la tabella di marcia dei piani su Industria 4.0 è lo Stato, mentre un gruppo minoritario usa un sistema bottom-up in cui sono gli attori a valle (industria, università, ecc.) a stilare le priorità dei programmi e a seguirne l'implementazione.

Nel prossimo capitolo, vengono descritte le strategie comunicative per stimolare le aziende a effettuare il passaggio a Industria 4.0. Vengono prese in considerazione quelle adottate in Germania e Regno Unito, portando come esempi anche dei casi di studio.

Capitolo V - Le strategie comunicative

Questo capitolo presenta le strategie comunicative adottate in Europa per sensibilizzare le aziende sulla trasformazione digitale in atto nell'industria. In particolare, ci si sofferma su quelle adottate in Germania e Regno Unito dove sono operanti alcuni poli di innovazione che servono da collante tra il mondo della ricerca e delle imprese. Uno dei temi fondamentali quando si tratta di Industria 4.0 è, infatti, il trasferimento delle innovazioni sviluppate nei centri di ricerca, nei prodotti finiti o all'interno dei processi di fabbrica. I centri di competenza – *competence centers* – sviluppano soluzioni per i problemi che riguardano l'industria e aiutano le imprese che collaborano con essi a sperimentare e a conoscere le tecnologie di ultima generazione.

Le aziende partner operano in settori eterogenei e hanno dimensioni variabili. Il coinvolgimento delle PMI ha un ruolo di primo piano dal momento che questa categoria d'impresa affronta delle grosse difficoltà nell'implementazione del paradigma di Industria 4.0, per lo più legate alla necessità di effettuare investimenti gravosi in tecnologie e alla carenza di personale che sappia sfruttarle. Per questa ragione vengono presentati dei casi di studio nati dalla collaborazione tra le aziende, le università e i centri di competenza che hanno portato allo sviluppo di soluzioni innovative di prodotto e/o di processo.

5.1 Il piano High Tech Strategy in Germania

La Germania è considerata il Paese che ha aperto una nuova fase di pensiero nell'industria manifatturiera dando il via libera all'uso delle tecnologie informatiche nei processi produttivi. Questa spinta innovatrice che ha rapidamente contagiato altri Paesi, è stata possibile grazie al fatto di possedere un'industria altamente competitiva e propensa all'innovazione e al suo ruolo di primo piano nella ricerca e sviluppo di soluzioni all'avanguardia nella produzione industriale [83, p. 4]. Al fine di imprimere una

sistematicità al cambiamento e permettere la diffusione su larga scala di questi principi è stato deliberato nel 2006 un programma di investimenti e sviluppo chiamato High Tech Strategy, poi rinnovato con nuovi obiettivi nel 2010 con il nome High Tech Strategy 2020 [83, pp. 12,13]. Le finalità del programma sono di intensificare le collaborazioni tra istanze scientifiche (università e ricercatori) e l'industria, e potenziare le condizioni favorevoli ai processi innovativi. Alcuni dei campi applicativi nei quali si stanno portando avanti i progetti sono:

- Energia;
- Salute/Nutrizione;
- Mobilità;
- Sicurezza;
- Comunicazione.

In particolare, il progetto riguardante Industria 4.0 ha ricevuto un finanziamento di 200 milioni di euro e mira a introdurre la digitalizzazione dei processi e delle tecniche produttive nelle aziende, in modo da spostare la competizione su nuove dimensioni spesso inesplorate, quali l'offerta di servizi *smart* complementari ai prodotti, che ne migliorino la *value proposition* e li differenzino dalle proposte della concorrenza [84, p. 6].

Oltre a fornire supporto alle grandi imprese che sono già attive nella sperimentazione di nuove tecnologie, il Governo tedesco fornisce un importante aiuto anche alle piccole e medie imprese attraverso una serie di incentivi economici. Per comunicare efficacemente questo tipo di misure, si sta lavorando alla standardizzazione degli sforzi pubblicitari [85, p. 37]. Per sostenere le piccole e medie imprese che portano avanti dei progetti di ricerca, è stato creato un programma chiamato "KMU-Innovativ" che finanzia progetti ad alto rischio consentendo così alle aziende di inseguire obiettivi ambiziosi. Altri tipi di iniziative nascono per rinforzare il grado di digitalizzazione, i processi di innovazione, la gestione dei materiali e altre qualità delle PMI che sono importanti in ottica di implementazione del modello Industria 4.0 [85].

In Germania esistono diversi centri di ricerca che sviluppano soluzioni in molti campi applicativi tra cui l'industria manifatturiera. Fraunhofer è una delle organizzazioni più importanti per dimensione e rilevanza scientifica degli studi condotti.

5.1.1 I centri Fraunhofer

Fraunhofer è una organizzazione no-profit di ricerca che si focalizza sui temi della salute, della sicurezza, della comunicazione, dell'energia, dell'ambiente, dell'ICT e della manifattura intelligente. È composta da 72 istituti e unità di ricerca sparse sul territorio tedesco (ma è anche presente in altri Paesi, ad esempio in Italia), impiega più di 25,000 dipendenti ed è sostenuta da un budget annuale che ammonta a 2,3 miliardi di euro, di cui circa due miliardi derivano dai contratti di ricerca. Il 70% di questi ultimi sono provenienti da contratti con l'industria o da progetti di ricerca finanziati dallo Stato [86]. Ogni centro Fraunhofer ha una specializzazione sviluppata sulla base del contesto in cui opera e dei legami con le istituzioni scientifiche con cui collabora. Inoltre, i centri Fraunhofer con capacità complementari possono unirsi per sviluppare soluzioni adatte a specifiche esigenze di business. Questo approccio è usato nel campo di ricerca su Industria 4.0 dato che si tratta di un modello che richiede una multidisciplinarietà di conoscenze ed esperienze.

La sezione successiva è dedicata al progetto Lashare che si occupa di sviluppare e incentivare l'uso di soluzioni laser per le lavorazioni meccaniche all'interno delle piccole-medie imprese.

5.1.2 L'assessment delle tecnologie laser per le PMI – Il centro di competenza Lashare

Il centro di competenza Lashare è parte del progetto Fraunhofer ed è specializzato nella valutazione dei macchinari per le lavorazioni a laser. Esso collabora con più di 30 piccole-medie imprese europee e alcuni dei più rinominati istituti di ricerca sulle tecnologie laser [87]. Il centro Lashare conduce attività di *assessment* sulle tecnologie laser in uso nelle piccole-medie imprese partner con l'obiettivo di aiutarle a migliorare la produttività, ridurre i costi di produzione e di energia, fare un uso efficiente dei materiali impiegati e ridurre i tempi di lavorazione.

La valutazione delle macchine a laser (LEA – *Laser-based equipment assessment*) comprende un ampio gruppo di applicazioni. Ogni LEA è diviso in quattro fasi durante

le quali vengono definiti gli obiettivi che si vogliono raggiungere con l'*assessment* e si fa in modo che le soluzioni sviluppate siano compatibili con le esigenze commerciali e produttive delle aziende. Di seguito sono elencate le quattro fasi:

- Definizione degli obiettivi e di un piano di azione;
- Implementazione delle soluzioni;
- Valutazione delle soluzioni applicate;
- Valutazione finale dei risultati raggiunti e raccolta di feedback sulla metodologia usata nell'*assessment*;

Ogni LEA è portata avanti da un team composto da:

- Un fornitore, ossia un'azienda di medie dimensioni che produce macchinari per lavorazioni a laser, con l'obiettivo di fornire soluzioni innovative alle imprese manifatturiere;
- La PMI presso cui viene svolto l'assessment, che è alla ricerca di nuovi macchinari che le consentano di migliorare l'efficienza e l'affidabilità della produzione;
- Un'istituzione di ricerca che fornisce le competenze per lo sviluppo delle tecnologie laser.

Ad oggi, il centro Lashare conduce 14 tipi di attività di *assessment* specifici per le lavorazioni a laser [88].

5.2 Il progetto Catapult nel Regno Unito

Il bisogno crescente delle aziende di competere in un contesto industriale caratterizzato da un ricorso sempre più spinto alle tecnologie, ha portato il Governo Britannico a investire notevoli risorse economiche e umane sui progetti di innovazione. Al fine di coordinare queste iniziative e consentire alle imprese di esprimere al meglio il loro potenziale in termini di crescita, è stato creato il programma Catapult, il quale assiste la ricerca di nuove soluzioni in campo scientifico, infrastrutturale e industriale del Paese. L'obiettivo è colmare il divario tra il mondo accademico e quello delle imprese, mettendo a disposizione delle ultime le conoscenze delle comunità di ricerca [89].

Il programma è suddiviso in dieci ambiti di interesse strategico. Tra questi è presente l'*High Value Manufacturing* (Produzione manifatturiera ad alto valore aggiunto), che comprende sette centri di competenza:

- Advanced Forming Research Centre – AFRC, specializzato in tecnologie di formatura e forgiatura, collabora con l'Università di Strathclyde;
- Advanced Manufacturing Research Centre – AMRC, ha all'attivo progetti di R&S concordati con le aziende e istituzioni partner. Collabora con l'università di Sheffield;
- Centre for Process Innovation – CPI;
- Manufacturing Technology Centre – MTC, collabora con le Università di Birmingham, di Loughborough e di Nottingham, ed è il centro nazionale della manifattura additiva;
- National Composites Centre – NCC, studia e sviluppa materiali compositi;
- Nuclear Advanced Manufacturing Research Centre – NAMRC, mette le sue conoscenze a disposizione di diversi settori energetici, in particolare quello nucleare;
- WMG Catapult, è specializzato in mobilità sostenibile.

Questi centri sono accomunati dalla ricerca e dalla sperimentazione sulle tecnologie caratterizzanti il modello emergente in ambito manifatturiero, detto Industria 4.0. Le innovazioni che stanno modificando le tecniche e le modalità di produzione di beni e servizi hanno origini eterogenee e il loro uso congiunto sta alla base di questo paradigma. I centri di competenza, oltre a essere impegnati nelle operazioni di ricerca e sviluppo, hanno bisogno di comunicare all'esterno i benefici derivanti dall'adozione delle tecnologie di Industria 4.0, affinché le imprese, anche quelle che non dispongono delle risorse per implementare questo modello, possano acquisirne consapevolezza e stabilire delle collaborazioni coi centri mirate a ridurre i costi produzione, il time-to-market e a soddisfare le esigenze dei clienti.

Il successo del modello inglese rende pertanto necessario lo studio delle *best practices* comunicative per coinvolgere le aziende nella trasformazione sociale, economica e

ambientale in atto. Oggetto dello studio saranno tre dei sette centri del programma *Catapult - High Value Manufacturing*:

- Manufacturing Technology Centre – MTC;
- Advanced Manufacturing Research Centre – AMRC;
- WMG Catapult.

5.2.1 I canali di comunicazione

Per promuovere il tema Industria 4.0 presso le aziende e i professionisti interessati, i centri di competenza si avvalgono di un *cluster* di strumenti di informazione, che possono essere raggruppati in tre categorie:

- *Eventi*. In questa definizione rientrano i workshops (cioè i gruppi di lavoro che possono essere organizzati in molteplici forme a seconda della preparazione tecnica e professionale dei partecipanti, nonché degli obiettivi prefissati); le consulenze, atte a dimostrare agli imprenditori e alle aziende che ne fanno uso le potenzialità delle soluzioni emergenti in ambito manifatturiero; e altre forme di evento.
- *Internet-based*. Con questo termine ci si riferisce alle piattaforme facenti uso di strumenti di comunicazione testuale, visivo e sonoro, se non una combinazione dei tre – multimedia – per stabilire relazioni di tipo unilaterale e/o bilaterale con chi naviga su Internet, in particolare le utenze sensibili ai temi toccati dalla comunicazione.
- *Non Internet-based*. Rientrano in questa categoria le riviste di settore, i quotidiani, gli inserti pubblicitari, le comunicazioni televisive e gli altri mezzi che non sono inseribili nei primi due gruppi. Dal momento che la loro rilevanza e efficacia è stata fortemente ridimensionata dagli strumenti Internet-based e/o il loro uso risulta marginale da parte dei centri di competenza, questa tipologia di mezzi di informazione non verrà approfondita nel seguente studio.

Questo report entrerà nel merito di come vengono usati i canali di comunicazione da parte dei centri del programma *Catapult – High Value Manufacturing* per sensibilizzare sui temi di Industria 4.0 le aziende, i professionisti, i ricercatori e i giovani, e stimolare una

rapida diffusione dei principi chiave di questo modello sul territorio del Regno Unito. Oggetto dello studio saranno i tre centri per l'alta manifattura siti in Coventry (MTC), Rotherham (AMRC) e Warwick (WMG Catapult).

5.2.2 Presenza sui canali Internet-based

I centri Catapult adottano una serie di canali di informazione per trasmettere i contenuti e le iniziative in tema di Industria 4.0 sulla rete Internet. I principali mezzi di comunicazione Internet-based individuabili sono i seguenti:

- Siti Web e blog;
- Social Media (Linkedin, Twitter, Facebook, etc.);
- Canali video (Youtube).

Siti web

Ognuno dei tre centri in esame ha un sito internet di riferimento su cui rende disponibili i contenuti relativi alle sfide che l'imprenditoria inglese sta affrontando in tema di Industria 4.0, portando esempi di aziende che grazie alla collaborazione con il team di ricercatori, ingegneri e tecnici operanti nei centri hanno saputo innovarsi a livello produttivo e di prodotto. Ciò che emerge è un piano di sensibilizzazione comunicativo che mira raccontare i casi concreti di imprese che hanno incrementato la loro competitività beneficiando del supporto tecnico e commerciale ricevuto, e l'evoluzione imprevedibile del settore manifatturiero dettata dall'integrazione di nuove tecnologie o da un uso originale di tecnologie già considerate standard.

Social media

Anche sui social media si riscontra una buona attività di condivisione dei contenuti e ciò che emerge è un uso consapevole delle piattaforme, che ne valorizza le potenzialità comunicative. I social media presi in considerazione sono stati:

- Linkedin;
- Facebook;
- Twitter.

Linkedin, essendo pensato per il mondo lavorativo, è il canale social privilegiato per informare i professionisti e le aziende e creare consapevolezza sul programma Catapult. I contenuti caricati riguardano le attività dei centri: articoli sulle innovazioni sviluppate, sulle collaborazioni con le imprese (che hanno generato risultati impressionanti in termini di miglioramento dei processi produttivi o dei prodotti), sugli eventi in programma ma anche approfondimenti sul piano Catapult (e.g. aiuti fiscali alle imprese) e sulle offerte di lavoro aperte.

Meno consistente risulta la presenza su Facebook: solo l'MTC e il WMG hanno una pagina. La scelta di AMRC di non comparire su questo social media può essere dovuta alla difficoltà di intercettare una platea di ascolto interessata agli argomenti di Industria 4.0 nonché alla volontà di focalizzare le risorse comunicative su altri canali. Inoltre, la pagina Facebook del MTC fornisce solo informazioni riguardanti i piani di formazione - *Apprenticeship* – di tecnici e di ingegneri ed è quindi rivolta a un pubblico giovane, senza o con poche esperienze lavorative alle spalle, difficilmente raggiungibile tramite un social media dedicato ai professionisti, qual è Linkedin.

Il canale Twitter è il meno usato dei tre con il solo centro AMRC ad avere un account operante. Come visto in precedenza, l'AMRC non ha una pagina Facebook, per cui può essere considerata come scelta strategica quella di focalizzarsi su uno solo dei due social network con maggiore utenza: Facebook e Twitter.

In generale, sui canali social il materiale pubblicato è solo un'anteprima della versione presentata sui siti internet e che è accessibile tramite un *link*. I siti web risultano così il centro nevralgico della campagna di informazione su Industria 4.0.

Canali video

Il bisogno di mostrare i cambiamenti generati dall'applicazione di tecnologie informatiche nel contesto manifatturiero di modo da sensibilizzare e coinvolgere un crescente numero di imprese nella rivoluzione chiamata Industria 4.0, rende i video uno strumento di informazione imprescindibile. A tal fine, i centri di competenza curano i loro canali Youtube in cui mostrano le attività svolte al loro interno, quali l'uso di processi produttivi intelligenti, la formazione di giovani tecnici e ingegneri nei programmi di

Apprenticeship e le collaborazioni con le aziende partner, con l'esposizione dei risultati conseguiti.

Nonostante l'interesse che il tema di Industria 4.0 suscita globalmente, le prestazioni dei canali Youtube dei centri sono modeste, con un numero di iscritti che sommati cumulativamente non raggiunge il migliaio, mentre il numero di visualizzazioni è dell'ordine delle decine di migliaia per canale. Questi numeri vanno però compresi alla luce dell'apertura recente dei canali su una piattaforma satura come è quella di Youtube.

5.2.3 Modalità di coinvolgimento delle imprese partner

L'obiettivo di ogni sistema industriale è di incrementare la produttività affrontando le sfide poste dal mercato: ad esempio, l'uso più efficiente delle risorse, la riduzione del time-to-market e la produzione di beni personalizzati. Dal momento che Industria 4.0 sta muovendo i suoi primi passi e offre grandi aspettative di crescita, disseminare l'informazione riguardo i suoi benefici e aumentare la consapevolezza sull'importanza di applicare i suoi principi cardine, sono attività di grande importanza.

Nell'ottica di aiutare le aziende nella trasformazione tecnologica che sta attraversando il settore manifatturiero, il Governo del Regno Unito ha creato, con l'ausilio del programma Catapult, i centri di competenza specializzati in tecniche manifatturiere, che attualmente ammontano a sette. Essi offrono accesso a macchinari di ultima generazione e a opportunità di collaborazione con esperti delle nuove tecnologie che sarebbero, altrimenti, fuori portata per la maggior parte delle imprese inglesi. Nel corso del 2015, oltre 3,000 imprese inglesi hanno ricevuto un supporto tecnico e/o commerciale e più del 50% erano piccole-medie imprese (SMEs). Uno studio economico ha mostrato come ogni sterlina investita nei programmi di aiuto, abbia generato un valore di 15 sterline per l'economia inglese [90].

Le aziende che collaborano con i centri entrano a far parte del programma riservato ai partner che offre, oltre all'accesso alle infrastrutture e alle competenze tecniche, anche una rete di contatti tra le organizzazioni. Questo favorisce la condivisione di idee e di *best practices* e l'applicazione di tecnologie in mercati nuovi.

Le forme di collaborazione tra aziende e centri sono così riassunte:

- Ricerca su misura: viene definito un progetto di ricerca sulla base dei bisogni strategici, tecnologici e commerciali del partner;
- Assistenza su progetti multi-partner: il centro di competenza coordina delle iniziative sinergiche tra i partner. Questo tipo di aiuto viene erogato specialmente nei casi di bandi di concorso, per l'aggiudicazione di fondi pubblici;
- Patrocinio dei dottorandi: consiste nella definizione di un progetto di ricerca che coinvolge uno studente di Dottorato, impiegato presso uno dei centri. Lo studente, al termine degli studi, ha così una concreta possibilità di lavorare nell'azienda che l'ha patrocinato.

Altre forme di coinvolgimento sono gli eventi organizzati periodicamente, quali i workshops e le conferenze, in cui sono dibattuti e approfonditi i casi di successo, la consulenza in materia fiscale e altri temi su Industria 4.0.

5.2.4 I casi di studio

Da quando il progetto Catapult – High Value Manufacturing è partito, sono stati conseguiti numerosi successi nelle collaborazioni tra i centri e le aziende partner che hanno portato allo sviluppo di soluzioni di processo, di prodotto e di servizio. Nonostante questo, per la maggior parte delle imprese manifatturiere l'adozione di tecnologie di ultima generazione, generalmente poco conosciute, è considerato rischioso e, di conseguenza, c'è prudenza verso il cambiamento [84, p. 7]. Inoltre, il modello di industria 4.0 per essere implementato efficacemente deve poggiare le basi su una struttura organizzativa solida, che impieghi dei sistemi per il controllo della produzione quali, per esempio, la *lean production.* Esiste, quindi, il rischio concreto che le aziende più grandi, che vantano una vasta disponibilità di risorse fisiche e umane, possano cavalcare da sole la quarta rivoluzione industriale aumentando il divario in termini di competitività dalle piccole-medie imprese.

I centri di competenza inglesi, al fine di scongiurare questo rischio, sono fortemente motivati a collaborare con le imprese di qualsiasi dimensione, in qualunque settore

produttivo, e ciò si verifica anche con le start-up. Molti dei casi di studio riguardano, infatti, piccole e medie aziende. Di seguito ne prendiamo in esame alcuni.

Sedili di nuova generazione per aerei prodotti tramite fabbricazione additiva [91]

Questo progetto è stato portato avanti dall'MTC in collaborazione con l'azienda aeronautica Assystem, e ha avuto come risultato la progettazione di un telaio per i sedili degli aerei avente un peso inferiore del 30% a quello della generazione precedente.

L'MTC ha aiutato a ridisegnare la struttura del telaio applicando le conoscenze in fatto di fabbricazione additiva (il Manufacturing Technology Centre è, tra le altre cose, il centro nazionale per la fabbricazione additiva). L'intero telaio è realizzato in titanio attraverso un processo innovativo che è stato ottimizzato al fine di diminuirne le criticità.

I risultati raggiunti possono essere così sintetizzati:

- Risparmio del 30% sul peso del telaio, che ha comportato una riduzione dei costi;
- L'acquisizione di nuove conoscenze nell'uso della fabbricazione additiva.

L'ultimo punto è di grande rilevanza in quanto uno degli obiettivi del programma Catapult è diffondere la consapevolezza sulle tecnologie che stanno guidando la quarta rivoluzione industriale e questo dipende dalla capacità delle aziende di apprendere nuove lezioni. Precedentemente alla partnership con l'MTC, Assystem non aveva esperienze nella produzione additiva, per cui l'apprendimento ha avuto una direzione dall'esterno all'interno dell'organizzazione. In generale, l'abilità di assorbire nuove competenze dipende da tre fattori [92]:

- Lo stock di conoscenze correlate già possedute;
- La quantità e la qualità dei canali interni di comunicazione;
- L'esistenza di gatekeepers, cioè di esperti nelle tecnologie che facilitano il processo di apprendimento e di diffusione nell'impresa delle nuove informazioni.

Correzione automatica delle lavorazioni fatte da robot [93]

Il Manufacturing Technology Center ha sviluppato un sistema capace di apportare correzioni in tempo reale alle lavorazioni effettuate tramite i robot industriali con notevoli

miglioramenti in termini di accuratezza e qualità, che consentono l'utilizzo dei robot in contesti ad alta precisione (e.g. aerospaziale, elettronico, medico). Questo è stato reso possibile da un laser che monitora i movimenti del robot e gli comunica, in tempo reale, come modificare il suo percorso.

La robotica è già ampiamente usata in ambito industriale per automatizzare i processi, ma grazie all'integrazione con altri sistemi, come è tipico del modello Industria 4.0, è stato dimostrato che si possono ottenere notevoli miglioramenti prestazionali.

Riduzione dell'impatto ambientale per le lavorazioni meccaniche [94]

La Newburgh Engineering sta collaborando con l'Advanced Manufacturing Research Centre a un progetto che prevede l'abbattimento dei costi energetici delle lavorazioni meccaniche. Newburgh partecipa al programma di ricerca Eneplan che coinvolge 17 compagnie e centri scientifici in Europa e che è impegnato nella ricerca di processi produttivi efficienti dal punto di vista energetico, dei costi e dell'impatto ambientale. L'azienda sta studiando le tecniche sviluppate da Eneplan per trasferirle nella produzione di un nuovo componente destinato al settore aerospaziale, al fine di rendere il processo più efficiente. Un ingegnere dell'AMRC è stato incaricato di studiare il processo correntemente in uso e di individuare delle alternative per ridurre l'inquinamento ambientale e contenere i costi energetici, mantenendo lo stesso livello di performance e di qualità. È stata trovata nella lavorazione *waterjet* una soluzione, siccome è possibile produrre due componenti da un blocco di materiale mentre con la tecnica originale se ne ricavava uno solo.

Le macchine *waterjet* utilizzano un flusso di acqua ad alta pressione contenente una piccola quantità di particelle abrasive, per tagliare rapidamente i metalli e altri materiali, e sono state messe a disposizione dall'AMRC, che dispone di un parco macchine *waterjet* tra i più grandi e completi al mondo. Questa tecnica è stata, infine, affiancata a delle lavorazioni di rifinitura per ridurre i tempi di lavorazione.

Lavorazione di leghe di titanio in tempi record [95]

FIGURA 11. FRESA TITAN RIPPA PER LE LAVORAZIONI DELLE LEGHE DI TITANIO

Lo sviluppatore di strumenti da taglio, Technicut, e la Nikken Kosakusho, specializzata in mandrini portautensili, hanno collaborato con l'AMRC per dimostrare le potenzialità di una fresa, raggiungendo velocità record di lavorazione delle leghe più impegnative.

La fresa realizzata da Technicut, denominata TiTan Rippa, è progettata per velocizzare notevolmente l'asportazione di metallo sulle leghe di titanio (quattro volte superiore alla velocità media), consentendo di raggiungere profondità pari al doppio del diametro della fresa, mentre le soluzioni classiche si fermano a una lunghezza di un diametro. I test iniziali hanno però dimostrato come le componenti di supporto della fresa fossero troppo fragili agli alti carichi di lavoro e, per questo motivo, la Nikken Kosakusho è stata incaricata di progettare un nuovo mandrino, ispirato a quello precedente, ma con una serie di miglioramenti in grado di garantirne l'affidabilità nelle situazione più critiche.

Entrambe le innovazioni sono incrementali in quanto amplificano le funzionalità del prodotto mantenendone le caratteristiche che lo identificano come design dominante. Inoltre, si tratta di innovazioni a livello di modulo siccome esistono degli standard che garantiscono la compatibilità delle parti.

Per testare le potenzialità del prodotto, l'Advanced Manufacturing Research Centre ha messo a disposizione alcune delle sue macchine. Ciò ha permesso di dimostrare il valore del prodotto ai clienti più esigenti.

Grazie a questa partnership, la Technicut è riuscita a cogliere nuove opportunità di business e a acquisire nuove competenze, detenendo tra l'altro il brevetto dell'innovazione mentre la Nikken Kosakusho sta investendo in un centro di ricerca e

sviluppo che sorgerà nei pressi dell'AMRC, rafforzando così la collaborazione sui progetti futuri.

Alimentazione di edifici tramite vetture elettriche [96]

Una ricerca del WMG ha dimostrato che è possibile sfruttare l'energia immagazzinata nei veicoli elettrici per alimentare edifici – secondo il modello vehicle-to-grid – senza il rischio di danneggiare le batterie. Per fare ciò, sono state prese in esame alcune delle più avanzate batterie a ioni di litio usate sui veicoli elettrici per costruire un modello accurato di degradamento delle capacità delle batterie (e.g. energia erogata, autonomia) lungo il loro ciclo di vita, tenendo in considerazione alcuni fattori esogeni: la temperatura e il livello medio di carica [97].

In seguito, è stato creato un algoritmo che quantifica l'energia richiesta dai veicoli per portare a termine dei compiti quotidiani e, in particolare, l'energia che è possibile prelevare dalle batterie senza danneggiarle, e in alcuni casi, allungarne il ciclo di vita.

Questa ricerca è stata condotta individualmente dal WMG e dimostra come i centri di competenza siano da una parte propensi a collaborare con le imprese o altri istituti di ricerca ma siano anche in grado di sviluppare dei progetti in maniera autonoma, specialmente in ambiti tecnologicamente molto avanzati in cui l'industria non è da subito pronta a investire risorse, ma ha bisogno di essere rassicurata sulla bontà di un progetto e il modo migliore è portare dei risultati incoraggianti come in questo caso. Data la rilevanza del tema batterie nel settore automobilistico (e non solo), è prevedibile che questa ricerca attiri l'attenzione di molte imprese desiderose di collaborare, aprendo nuove opportunità di business e di innovazione.

Un' incredibile vetrina per l'Ingegneria [98]

FIGURA 12. IL VEICOLO BLOODHOUND PROGETTATO PER ABBATTERE IL RECORD DI VELOCITÀ TERRESTRE

Un progetto, chiamato Bloodhound, mira a riportare in UK il primato di velocità terrestre grazie a un veicolo progettato per abbattere la soglia dei 1600 km/h (l'attuale record risale al 1997 ed è detenuto da un altro veicolo inglese che l'ha stabilito in 1227,98 km/h). La macchina è equipaggiata dallo stesso motore del jet Eurofighter Typhoon, più un razzo ibrido Falcon. Un motore di derivazione Formula 1 serve a pompare il carburante al razzo e fornisce l'energia ai sistemi elettrici e idraulici. La carrozzeria, il telaio e i sistemi di controllo sono anch'essi fabbricati con tecniche all'avanguardia.

La contribuzione dell'AMRC era inizialmente limitata a effettuare dei test ma le loro competenze manifatturiere, maturate in un contesto di altissima precisione qual è quello aeronautico, unite alla disponibilità di un vasto parco macchine, sono tornate utili nella fabbricazione di diverse componenti.

L'obiettivo del progetto Bloodhound non è solo di conquistare il record di velocità terrestre ma di riportare l'entusiasmo per l'ingegneria tra le nuove generazioni. Questo è maggiormente importante alla luce delle sfide tecnologiche che l'industria manifatturiera

sta attraversando e che non possono prescindere da un'ampia disponibilità di risorse umane formate sui temi di Industria 4.0 [99]. E' quindi chiaro come iniziative di questo tipo possano portare dei benefici nel medio-lungo termine alle imprese, specialmente alle PMI. Infatti, le difficoltà che molte piccole-medie aziende incontrano nell'implementazione dei concetti relativi a Industria 4.0 è dovuta spesso a una disparità di risorse infrastrutturali e economiche rispetto ai concorrenti più grandi, ma anche alla carenza di personale che sappia trarre vantaggio dall'uso delle nuove tecnologie [84, p. 7].

5.3 Conclusioni

Il presente capitolo ha mostrato quali sono le pratiche a livello comunicativo utilizzate in alcuni Paesi Europei per informare le aziende sulle opportunità legate al paradigma di Industria 4.0. In particolare, ci si è focalizzati sui centri di competenza, ossia, dei centri dotati delle tecnologie di ultima generazione e delle conoscenze per poterle sfruttare, che collaborano attivamente con le aziende per aiutarle nel loro percorso di trasformazione digitale. Come si è visto, i centri di competenza non sono un'invenzione recente ma ciò che è cambiato è la tipologia di aziende con le quali si interfacciano in maniera sempre più consistente. Questa tipologia è costituita dalle piccole e medie imprese. Il prossimo capitolo aiuta a comprendere come mai si sia verificato questo *shift* e quali sono le aree in cui le PMI hanno bisogno di maggiore assistenza per colmare le proprie lacune in merito ai requisiti i Industria 4.0.

Capitolo VI – Industria 4.0 e le PMI

Questo capitolo tratta le misure attuate in Italia per favorire lo sviluppo di un *framework* per le PMI favorevole a Industria 4.0 tramite l'istituzione di enti dedicati e il perseguimento di politiche industriali mirate.

Viene effettuata un'analisi approfondita della situazione delle PMI per comprendere quali siano le principali difficoltà incontrate nel perseguire i piani di digitalizzazione e come queste vengano prese in considerazione all'interno del piano nazionale su Industria 4.0. Inoltre, un tema centrale nel caso delle PMI è costituito dalla capacità di assorbire le conoscenze con cui vengono a contatto tramite le interazioni con attori esterni (e.g. università, centri di ricerca, consulenti). Infatti, al fine di rendere strutturali e di lungo periodo le trasformazioni promosse dai piani di digitalizzazione le aziende devono essere in grado di internalizzare nuove capacità e conoscenze. In tal senso, vengono anche analizzati i modi più efficaci per raggiungere tale obiettivo.

In seguito, viene introdotto il progetto da cui ha origine questo lavoro di tesi e che analizza 25 PMI del territorio piemontese che sono state valutate sulla base di diversi criteri per stimarne il grado di preparazione a dotarsi degli strumenti e dei processi relativi a Industria 4.0. Questo studio è stato preceduto da una serie di workshop in cui i rappresentanti degli enti industriali piemontesi hanno condiviso le loro esperienze territoriali e aiutato i rappresentanti del Politecnico di Torino a sviluppare lo strumento di audit tecnologico, usato per la valutazione della *readiness* tecnologica del campione di imprese.

Il *focus* del capitolo, che costituisce anche l'obiettivo centrale della tesi, è di comprendere come le pratiche comunicative possano essere usate in maniera efficace per creare un'*awareness* tra le piccole-medie imprese riguardo le potenzialità di Industria 4.0 e cosa è possibile imparare dalle aziende che hanno partecipato al progetto di *digital readiness* piemontese.

6.2 Le difficoltà delle PMI nell'implementare i principi di Industria 4.0

Sono state condotte molte analisi sulle imprese riguardanti le loro capacità di adattarsi al nuovo paradigma industriale e di assorbirne le conoscenze correlate. Tuttavia, risulta che le PMI siano state in parte trascurate da questi studi e che l'attenzione sia stata rivolta principalmente alle grandi imprese. In parte, questo *focus* è giustificato dal fatto che le grandi imprese sono state le prime a intuire e a sfruttare il potenziale derivante dall'impiego di nuove tecnologie e di processi produttivi avanzati. La ragione di ciò va rintracciata nell'ampia disponibilità di risorse (economiche e umane) che hanno potuto stanziare rispetto a questi progetti con un rischio relativamente contenuto.

Nel caso delle PMI, invece, entrano in gioco una serie di limiti contingenti questa categoria di imprese che ne indeboliscono, inevitabilmente, le intenzioni di innovare. I principali ostacoli riscontrati sono:

- *Gli alti costi* – legati all'acquisto dei macchinari, sensori e altre apparecchiature per rendere i processi produttivi *smart.* La conseguenza è il timore di commettere investimenti sbagliati, specialmente su tecnologie di non comprovata efficacia;
- Il timore rispetto ai cambiamenti portati dalle misure innovative;
- *Scarsa informazione* – sia riguardo i benefici derivanti dall'adozione dei principi di Industria 4.0, sia per quanto concerne gli incentivi messi a disposizione (vedi le misure fiscali, di protezione della proprietà intellettuale, ecc. disposte nei piani nazionali di trasformazione tecnologica).

Inoltre, un altro fattore da non sottovalutare è la confusione generata dal fatto che questo paradigma tecnologico non ha una tecnologia o un processo di riferimento ma una moltitudine (a differenza delle rivoluzioni industriali che l'hanno preceduto e che si fondavano su un numero ristretto di tecnologie da padroneggiare). Quindi, si tratta di individuare quali tecnologie fanno caso a un'azienda escludendo quelle meno rilevanti per il loro business. Nel caso delle PMI, questo tipo di decisione è molto rischiosa se presa internamente senza un consulto esterno in quanto, normalmente, non hanno i prerequisiti di conoscenza necessari.

I fattori visti in precedenza colpiscono particolarmente le PMI a causa di:

- Una conoscenza di base moderata;
- Il poco tempo che un imprenditore può dedicare alle istanze innovative in quanto la sua attenzione è catturata da altre richieste quotidiane;
- La limitata disponibilità di risorse finanziarie;
- La diffusa avversione a realizzare collaborazioni di stampo innovativo con dei partner esterni (aziende, università, ecc.)

6.2.1 PMI e innovazione: una relazione non facile

L'importanza dell'innovazione nel conferire e nel mantenere la competitività di un'impresa è stata ampiamente affrontata nella letteratura manageriale. L'analisi delle imprese di successo dimostra che queste hanno raggiunto dei traguardi importanti grazie a una gestione orientata ai processi innovativi e organizzativi [100]. Da questo punto di vista, le grandi imprese hanno un vantaggio notevole e a riprova di ciò esistono vari elementi.

Prima di tutto, il processo innovativo tradizionale richiede una notevole mole di risorse ed è piuttosto rischioso. Le grandi aziende possono contare su una forte disponibilità economica e hanno la possibilità di diversificare i rischi attuando diversi progetti di ricerca. Inoltre, le innovazioni permettono di seguire delle strategie di diversificazione che sono meglio sfruttate dalle grandi imprese rispetto a quelle medio-piccole.

Tuttavia, anche le grandi imprese possono soffrire di un problema di avversione riguardo la commercializzazione delle innovazioni, specialmente quelle radicali, e possono faticare nello stimolare la creatività e l'impegno dei ricercatori (in quanto vengono limitati nelle loro ricerche).

Da questo punto di vista, le PMI possono disporre di un vantaggio in quanto possono adottare delle strategie innovative aggressive in mercati di nicchia per conquistarne la *leadership.*

Le PMI dimostrano, generalmente, una scarsa capacità nell'innovare i prodotti e i processi. Inoltre, tendono a concentrare i propri sforzi nel miglioramento dei processi (e.g. acquisto di nuovi macchinari) piuttosto che nelle attività di ricerca e sviluppo.

Diversi fattori sono di ostacolo al trasferimento innovativo e tecnologico alle piccole-medie imprese. Tra questi i più rilevanti sono di natura finanziaria o determinati dall'avversione al cambiamento e al rischio. In base all'approccio verso l'innovazione le PMI possono essere così classificate:

- *Ideatori di nuove tecnologie* – caratterizzate da una leadership tecnologica derivante dalle attività i R&S portate avanti internamente;
- *Leader nella tecnologia* – prendono la tecnologia sviluppata esternamente e la adattano ai loro bisogni interni;
- *Inseguitori tecnologici* – adottano tecnologie già ampiamente usate dai loro concorrenti.

L'ultima categoria è particolarmente diffusa [100] e la motivazione va ricercata nel fatto che la maggioranza delle PMI non dispongono delle strutture organizzative necessarie per condurre delle attività di R&S interne. Per cui, il trasferimento di tecnologie dall'esterno è richiesto. Questo trasferimento può essere originato da diversi attori:

- Università;
- Altri centri di ricerca pubblici o privati (e.g. i centri di competenza);
- Grandi gruppi industriali che hanno le PMI nel loro indotto.

Vediamo nel seguito le modalità di trasferimento delle innovazioni (e delle conoscenze a esse correlate) alle PMI.

6.3 L'importanza della capacità di assorbimento di nuove conoscenze

Come visto in precedenza, la collaborazione con diversi attori esterni all'impresa (e.g. fornitori, clienti, rivali, università e centri di ricerca) migliora sia la condivisione delle conoscenze sia la comprensione del mercato, risultando nell'espansione della base di

conoscenze dell'azienda che si riflette in maniera positiva sulle sue capacità di innovare. I vantaggi derivanti da questa rete di collaborazione sono per l'azienda:

- La semplificazione nell'accesso alle risorse complementari;
- La facilitazione nello scambio delle conoscenze esplicite e tacite;
- La riduzione dei costi di ricerca e sviluppo, in quanto condivisi anche dai partner.

La capacità di stringere collaborazioni efficaci è legata a doppio filo con le capacità interne dell'impresa. Infatti, stando anche alla teoria della *Resource Based View* (RBV), solo le aziende che posseggono determinate capacità possono raggiungere risultati notevoli. Una di queste è, sicuramente, la capacità di innovare [101]. Senza questa capacità, l'acquisizione di nuove conoscenze attraverso le reti di collaborazione (che costituiscono una risorsa) ha poco valore, dal momento che è incapace di sfruttare adeguatamente le conoscenze apprese, per esempio, nella creazione di nuovi prodotti o nel miglioramento dei processi produttivi. Perciò, le reti di collaborazione migliorano le capacità di innovare delle imprese solo se queste dispongono delle capacità di gestire le conoscenze apprese [102].

La teoria della RBV afferma che l'accesso alle risorse strategiche è il principale stimolo del vantaggio competitivo nelle imprese [103]. Le reti di collaborazione permettono, dunque, alle aziende di accedere a risorse che potrebbero non possedere internamente. Una delle risorse più critiche è la conoscenza.

La conoscenza può essere esplicita o tacita. Mentre la prima è codificata, l'altra è ramificata nelle esperienze, procedure, emozioni e abilità, e per questa ragione è estremamente difficile da spiegare e da scambiare [104].

La capacità di assorbire la conoscenza è uno dei fattori più rilevanti nel determinare la capacità delle imprese di innovare. Per questa ragione, i benefici derivanti dalla collaborazione con degli attori esterni possono essere realizzati solo se l'azienda è in grado di apprendere e integrare le informazioni frutto di questo scambio.

Il trasferimento delle innovazioni può assumere varie forme, per esempio:

- Trasferimento di conoscenza/informazioni, quali il trasferimento diretto di dati, documenti, brevetti, scambio di informazioni con degli esperti e con le istituzioni di ricerca al fine creare delle collaborazioni;
- Trasferimento temporaneo del personale, dagli istituti di ricerca alle imprese e viceversa;
- Formazione continua del personale;
- Cooperazione diretta nella R&S, attraverso progetti di ricerca condivisi;
- Consigli legali, fiscali, gestionali e organizzativi;
- Supporto finanziario e commerciale.

Nel caso delle PMI, due tipologie principali di attori sono coinvolte nel trasferimento d'innovazione:

- I fornitori d'innovazione: università, centri di R&S delle grandi compagnie, altri centri indipendenti di ricerca, studi di consulenza;
- Gli attori generalmente interessati al miglioramento della competitività delle PMI a seguito del trasferimento della tecnologia. In particolare, due gruppi sono rilevanti: gli enti governativi a tutti i vari livelli e le grandi aziende che hanno le PMI nel loro indotto.

In merito al primo gruppo, il loro ruolo è estremamente critico in quanto hanno accumulato un bagaglio di conoscenze e esperienze durante un periodo molto lungo. I loro ruoli possono essere così riassunti:

- Impegno crescente nella ricerca applicata di modo da avere ricadute positive nelle applicazioni industriali;
- Realizzare scambi reciproci di personale con le aziende di modo da permettere lo scambio diretto del know-how;
- Favorire l'uso delle architetture informatiche e di comunicazione moderne di modo fa facilitare la diffusione dei risultati di ricerca;
- Pianificare e implementare servizi di formazione per gli impiegati delle PMI di modo da creare un ambiente organizzativo che supporti il trasferimento d'innovazione.

Per quanto riguarda il secondo gruppo, è evidente che l'interesse degli enti governativi nella competitività delle piccole-medie imprese sia estremamente diffuso nel contesto europeo. Più specificamente, il rafforzamento di questa categoria di impresa ha due effetti positivi. Favorisce omogeneità tra le regioni e accresce la competitività del Paese a livello mondiale. I maggiori contributi forniti dagli enti governativi possono essere riassunti in:

- Supporto alle iniziative innovative delle PMI, fornendo dei sostegni economici, degli incentivi fiscali e favorendo la flessibilità del lavoro;
- Semplificando le pratiche burocratiche.

Anche le grandi aziende possono avere un interesse nella competitività delle PMI se queste sono inserite nel loro indotto. Infatti, una PMI che segua un percorso di innovazione può fornire prodotti e/o servizi di migliore qualità alle grandi aziende clienti, le quali possono così beneficiare di un vantaggio competitivo.

Tuttavia, al fine di favorire un trasferimento efficace dell'innovazione è necessaria un'ottima coordinazione e integrazione tra i diversi attori. A tal fine è necessario introdurre un nuovo attore con questo tipo di finalità.

Il centro di competenza

Si tratta di un'unità organizzativa che colleziona e custodisce diversi tipi di conoscenza necessaria a realizzare il trasferimento tecnologico alle imprese. Nello specifico, è una struttura di supporto che colleziona i dati e le informazioni da diversi attori e li fornisce alle persone che hanno il compito di realizzare il processo di trasferimento.

I centri di competenza non sono un modello di supporto al trasferimento tecnologico e di conoscenza alle imprese di recente concezione. Tuttavia, se all'inizio il loro *focus* era la creazione di *partnership* con le grandi aziende, oggi ad avere un ruolo sempre più predominante sono le PMI. Questo pone ovviamente delle sfide per il loro modello organizzativo in quanto devono essere estremamente flessibili per rispondere ai bisogni eterogenei delle PMI interessate.

I centri di competenza impiegano un personale molto preparato sui temi manifatturieri, specializzandosi in determinati settori e nell'uso di determinate tecnologie come diretta

conseguenza del tipo di aziende (e.g. settore, dimensione) con le quali stringono collaborazioni. Inoltre, essendo inseriti in una rete di contatti piuttosto estesa che comprende tra gli altri università, imprese, enti governativi, altri centri di competenza e di ricerca, sono in grado di attivare a seconda delle necessità della specifica impresa il contatto che può risultarle più utile. Quindi, sono anche un potente strumento di networking.

Vista l'avversione dimostrata frequentemente dalle PMI verso l'innovazione, i centri di competenza spesso assumono un approccio di tipo incrementale (anziché radicale) nelle innovazioni sviluppate con questa categoria d'imprese. Questo è vero specialmente nelle fasi iniziali di collaborazione in cui le imprese vanno convinte delle potenzialità legate a Industria 4.0 tramite delle innovazioni che portano a dei benefici evidenti senza portare stravolgimenti del *business model* e a sostenere delle spese economiche ingenti. Anche per questa ragione i centri di competenza preferiscono collaborare con le aziende che sono sinceramente motivate a effettuare una trasformazione tecnologica e a acquisire nuove conoscenze. Senza questo prerequisito non possono essere raggiunti dei risultati stabili e importanti nel tempo.

I tipi di innovazioni incrementali che vengono suggerite inizialmente riguardano:

- Miglioramenti nelle strutture organizzative esistenti, quali una nuova distribuzione delle attività tra gli impiegati;
- Miglioramento nella documentazione usata nei processi di fabbrica (ad esempio, introducendo la distinta base);
- Implementazione di un software dedicato o personalizzazione di quello correntemente in uso.

Prima di procedere al trasferimento innovativo è importante valutare il grado di impegno che l'azienda ha intenzione di mettere nel perseguire la trasformazione digitale. Una volta appurata la presenza di questo si può procedere con un'analisi SWOT dei punti di forza, delle debolezze, delle opportunità e delle minacce in modo da riconoscere lo scenario competitivo in cui opera l'impresa.

Sulla base di questa analisi è possibile identificare quali sono i fabbisogni specifici d'innovazione che possono essere affrontati con un trasferimento di conoscenza specifico. Inoltre, è importante anche identificare quali sono i fattori interni all'impresa che possono pregiudicare il successo dell'operazione di trasferimento.

Come visto in precedenza, tenute in considerazione tutte le opzioni disponibili per innovare, il centro di competenza dovrebbe inizialmente proporre delle soluzioni incrementali semplici e economicamente vantaggiose di modo che il rischio (o la percezione di esso) da parte delle PMI sia ridotto.

Procedendo con lo sviluppo e l'implementazione delle innovazioni identificate, i responsabili del centro di competenza sono in grado di verificare effettivamente la volontà d'innovare dell'impresa e di mostrare all'imprenditore coinvolto i benefici del trasferimento d'innovazione. Sulla base dei risultati raggiunti verrà valutata la possibilità di inseguire innovazioni più radicali.

6.4 La comunicazione su Industria 4.0

Per arrivare al coinvolgimento effettivo delle imprese nei programmi di digitalizzazione è necessario partire da un presupposto: che le aziende abbiano una seppure minima consapevolezza del tema. La comunicazione è perciò un tema di grande rilievo.

Nel 2017 è stato avviato un tavolo di confronto tra diversi enti e associazioni piemontesi tra cui il Politecnico di Torino, Skillab, il Digital Innovation Hub, e associazioni di Confindustria e Federmanager per elaborare una metodologia di *digital readiness assessment* per valutare la maturità delle piccole-medie imprese del territorio a investire in iniziative di carattere digitale e il fabbisogno di competenze necessarie a sfruttare al meglio le opportunità legate al paradigma Industria 4.0.

Il progetto ha seguito una serie di step che sono consistiti anche in dei workshop in cui si è dibattuto di varie tematiche, tra le quali:

- I bisogni delle imprese in merito alle tecnologie abilitanti Industria 4.0;
- Il livello di consapevolezza delle PMI piemontesi sulle opportunità di innovazione e di miglioramento offerte dalle nuove tecnologie;

- I servizi già erogati sul territorio piemontese e quelli che lo saranno in futuro;
- I problemi principali incontrati dalle associazioni partecipanti al workshop riguardo lo sviluppo di un'offerta di servizi per Industria 4.0;
- La definizione dello strumento di digital audit e la sua sostenibilità economica;
- Il supporto alle imprese nel perseguimento delle linee d'azione emerse come risultato dell'audit;
- Analisi dei canali usati per informare su Industria 4.0 (social media, eventi, ecc.) e dei contenuti veicolati (consulenza fiscale, casi di studio, ecc.);
- Il livello di coinvolgimento delle associazioni partecipanti al progetto nelle iniziative di comunicazione.

Ai fini di questo lavoro di tesi risulta rilevante porre un accento sugli aspetti comunicativi che hanno riguardato l'iniziativa e che si sono svolti principalmente in due modalità:

- Attraverso l'uso dei canali informativi tradizionali (eventi, workshop con gli imprenditori e gli enti industriali) e di quelli moderni (social network e altri strumenti digitali);
- Tramite la fornitura del servizio di audit tecnologico che oltre a fornire degli spunti importanti su come un'azienda si colloca rispetto ai prerequisiti di Industria 4.0, è anche un potente strumento di comunicazione perché in molti casi costituisce il primo contatto diretto tra gli imprenditori e degli esperti in innovazione (questo è specialmente vero nel caso delle piccole-medie imprese).

Le prossime sezioni sono perciò dedicate all'approfondimento delle pratiche comunicative messe in atto nel territorio piemontese per creare consapevolezza attorno ai temi legati all'innovazione industriale e alla spiegazione del progetto di audit che è stato condotto su un campione di PMI. L'obiettivo è individuare delle modalità per coinvolgere le piccole-medie imprese nel processo di digitalizzazione.

6.5 Le pratiche comunicative su Industria 4.0

I rappresentanti degli enti industriali piemontesi e del Politecnico di Torino hanno organizzato il 14 dicembre del 2017 un workshop per discutere le iniziative in fatto di

comunicazione alle imprese sui temi della *digitization.* Il dibattito si è incentrato sull'analisi della frequenza con la quale i canali (newsletter, eventi, social network, ecc.) venissero usati, sulla tipologia di contenuti veicolati a seconda del canale considerato e, infine, sul livello di coinvolgimento degli enti nella campagna comunicativa.

6.5.1 I canali informativi

Ad oggi esiste una grande varietà di canali informativi. Quelli che sono stati presi in considerazione dall'analisi sono i seguenti:

- Newsletter;
- Social Media (Facebook, Linkedin, ecc.);
- Blog o forum;
- Video;
- Eventi;
- Articoli su riviste di settore, quotidiani, inserti;
- Siti web;
- Sportello.

Nel seguito prendiamo in considerazione per una rapidi analisi gli strumenti maggiormente utilizzati dalle associazioni o con il potenziale maggiore in termini comunicativi.

Newsletter

Il mezzo mail risulta ancora uno dei più diffusi per comunicare con le imprese. I vantaggi sono legati alla possibilità di intercettare le aziende tramite uno strumento noto e facilmente utilizzabile. I contenuti sono organizzati secondo rubriche tematiche a cui possono seguire dei recall telefonici se necessari. La mail è un valido strumento per le comunicazioni su Industria 4.0 in quanto permette una comunicazione diretta, personale, con i soggetti interessati ai temi trattati. Il requisito per mettere in campo una newsletter efficace è, quindi, la conoscenza dei ruoli ricoperti in un'azienda e la *targetizzazione* del personale effettivamente interessato agli argomenti comunicati. Per esempio, se si vuole informare su dei nuovi processi qualitativi, il rappresentante della qualità è il naturale

destinatario. Tuttavia, nel caso delle PMI spesso mancano delle figure di riferimento in determinate aree o l'assegnazione dei ruoli non è chiara (lo stesso individuo può ricoprire più ruoli all'interno dell'azienda). Da ciò emerge l'importanza di conoscere a fondo la struttura organizzativa di un'impresa per una comunicazione efficace.

Alcuni enti territoriali hanno riportato di utilizzare ancora il fax per una comunicazione assimilabile a quella della newsletter. Il dato interessante è che questo canale risulta efficace in quanto, paradossalmente, è obsoleto e le poche comunicazioni effettuate tramite esso sono prese in alta considerazione (mentre la ricezione e l'accumulo di molte mail può creare confusione e di conseguenza poco tempo viene dedicato alla loro lettura).

Social media

I social media sono considerati gli strumenti con le maggiori potenzialità comunicative e sono relativamente poco sfruttati dalle associazioni piemontesi se confrontati, per esempio, con le iniziative dei centri di competenza inglesi. I fattori di successo individuati per queste iniziative sono principalmente:

- la conoscenza degli strumenti di profilazione messi a disposizione, a pagamento e non;
- l'allocazione di personale dedicato alla comunicazione, con competenze avanzate sul funzionamento delle piattaforme social;
- una strategia comunicativa coordinata tra i canali social stessi, e tra questi e gli altri canali digitali (in particolare i siti web).

Video

I canali video possono essere molto efficaci da un punto di vista informativo se integrati correttamente con le altre piattaforme. Un esempio, potrebbe essere la pubblicazione di contenuti sui social network che reindirizzano a una pagina video per degli approfondimenti. Il fatto che ormai la grande maggioranza dei canali digitali (social, siti internet, ecc.) integrino i video non rende più fondamentale l'esistenza di canali creati su piattaforme video dedicate (e.g. Youtube).

Eventi

Gli eventi sono uno degli strumenti privilegiati dalle associazioni industriali piemontesi. Essi consistono in assemblee, *focus group,* ecc. in cui le aziende partecipanti possono confrontarsi e apprendere nuove nozioni riguardo i temi di Industria 4.0. In particolare, le PMI possono riportare la loro esperienza e confrontarsi direttamente con degli esperti di settore.

Siti web

Anche i siti internet sono uno degli strumenti più utilizzati per condividere contenuti in fatto di *digitization.* Uno dei problemi che sono stati riscontrati è la moltitudine di siti internet creati allo scopo, con una quindi scarsa coordinazione tra le iniziative in atto. Una delle strategie emerse come soluzione a questo problema è di ridurre il numero dei siti internet e di integrarli nelle strategie comunicative con gli altri mezzi (social media, newsletter, ecc.). Un esempio, potrebbe essere il re-direzionamento degli utenti dai contenuti pubblicati sui canali social sotto forma di breve anteprima, sul sito internet in cui trovare maggiori informazioni sull'argomento d'interesse.

Sportello

Infine, lo sportello costituisce un canale di rapporto diretto tra le aziende e le associazioni industriali del territorio. In questo caso, a differenza dei canali sopra menzionati, l'approccio è generalmente attivo da parte dell'azienda in quanto è essa a chiedere una consulenza su un determinato argomento. Quello dello sportello è, quindi, un ottimo contesto per fornire delle informazioni su Industria 4.0 e sulle misure nazionali e territoriali portate avanti.

6.5.2 I contenuti diffusi su Industria 4.0

I contenuti sviluppati per i canali informativi e diffusi alo scopo di creare consapevolezza sulle opportunità correlate a Industria 4.0 sono molteplici. In particolare, nel corso del workshop ne sono stati presi in considerazione quattro per compiere una serie di considerazioni:

- Consulenza fiscale;
- Best practice su iniziative technology-based;
- Fabbisogni di formazione e iniziative collegate;
- Promozione di iniziative specifiche.

L'argomento della consulenza fiscale è emerso essere quello attorno al quale gli enti industriali stanno investendo maggiormente in termini comunicativi. Il motivo è che le misure messe in campo grazie al piano nazionale su Industria 4.0 (iper e super ammortamento, ecc.) costituiscono un argomento di grande interesse per le PMI.

La promozione di iniziative specifiche è il secondo argomento per rilevanza trattato, e, come nel caso precedente, la comunicazione si svolge prevalentemente per mezzo mail. Infine, si collocano le best practice e i fabbisogni di formazione.

Considerata la scarsa conoscenza su Industria 4.0 in Italia, la strategia di focalizzare la comunicazione sui vantaggi economici della manovra è un'ottima scelta per iniziare a coinvolgere le PMI nel processo di digitalizzazione. Come però è stato sottolineato nei capitoli precedenti, è necessario che gli investimenti in tecnologie di ultima generazione siano accompagnati da un cambio di mentalità riguardo i processi di fabbrica per potere sfruttare appieno le opportunità connesse a Industria 4.0. Perciò, andrebbe messo un accento particolare sulle iniziative di formazione specificamente dedicate ai temi della *digitization.*

Anche la comunicazione delle best practice necessiterebbe di maggiore spazio, specialmente quella relativa ai casi di successo delle piccole-medie imprese. Se, infatti, è possibile trovare molti casi di studio di grandi aziende che son riuscite a raggiungere dei vantaggi notevoli in termini economici, produttivi, ecc. implementando dei processi/tecnologie innovative, lo stesso non può dirsi nel caso delle PMI. L'Italia è uno dei Paesi con la proporzione di PMI più alta tra i Paesi industrializzati, ammontando al 99,9% di tutte le imprese [2]; per questa ragione mostrare che le PMI innovative raggiungono dei risultati incoraggianti può essere un grosso stimolo al cambiamento per le altre.

6.6 Il progetto di digital readiness assessment piemontese

Il Politecnico di Torino ha sviluppato in collaborazione col Digital Innovation Hub piemontese uno strumento di valutazione tecnologica dei processi aziendali. Lo strumento è stato utilizzato per sondare il grado di digitalizzazione di un campione di 25 imprese del territorio.

6.6.1 Lo strumento di audit tecnologico

La valutazione delle aziende manifatturiere e fornitrici di servizi dotate di una piattaforma tecnologica avviene tramite l'audit digitale, il quale è un metodo per identificare i principali requisiti, bisogni, debolezze e punti di forza da una prospettiva sia legata alle risorse umane sia all'infrastruttura. Allo stesso tempo, permette di comprendere come l'azienda è percepita dal management. Il principale obiettivo dell'audit tecnologico è l'identificazione dei bisogni primari di un'azienda, e dei suoi punti di forza e di debolezza da tenere in considerazione.

L'audit tecnologico è particolarmente indicato per le piccole-medie imprese in quanto spesso non dispongono delle competenze interne per una valutazione oggettiva delle loro capacità tecnologiche, gestionali e organizzative. Inoltre, costituisce un'ottima opportunità per entrare in contatto con degli esperti di digitalizzazione che introducono l'azienda a delle nuove conoscenze che si possono tramutare in grosse opportunità di business.

Le PMI adeguate per prendere parte a un audit tecnologico devono mostrare alcune delle seguenti attitudini/desideri:

- Di creare nuovi prodotti e servizi;
- Di incorporare nuovi processi;
- Di diversificare le loro attività;
- Dimostrare un potenziale di crescita;
- Di stringere collaborazioni internazionali.

Una PMI può sottoporsi a un audit digitale al fine di:

- Migliorare le performance economiche;
- Migliorare la produttività;
- Aumentare il proprio livello competitivo;
- Imparare a ottimizzare l'uso della tecnologia di cui già dispongono;
- Apprendere le opzioni disponibili in fatto di tecnologie;
- Entrare in contatto con un network di aziende e di esperti in grado di sostenerle nella loro crescita.

L'output di un audit tecnologico consiste in un piano d'azione che, normalmente, conduce a un miglioramento delle performance aziendali. Bisogna, però, sottolineare come lo strumento non sia in sé un fattore di successo per la compagnia ma serva da base per un cambiamento guidato.

L'audit tecnologico come mezzo di comunicazione di Industria 4.0 alle PMI

Come visto nei capitoli precedenti, Industria 4.0 offre delle opportunità enormi per le aziende. Purtroppo, queste non vengono spesso colte a causa di una scarsa diffusione di consapevolezza a proposito di esse. Questo è soprattutto il caso delle PMI.

Va notato come gli studi sui risultati di bilancio indicano *performance* migliori, in termini di crescita, per le imprese innovative. Nell'intervallo di tempo compreso tra il 2007 e il 2015 le PMI che hanno introdotto delle innovazioni e effettuato investimenti in nuove tecnologie sono cresciute del 14,6% (con una crescita annuale dell'1,7%), mentre nella media complessiva del campione in esame i risultati sono rimasti sostanzialmente costanti (+0,1%) [5]. Nello stesso periodo si è registrata una crescita della produttività di 16 punti percentuali per le imprese innovative, a fronte di una perdita media del 4%.

È necessario, dunque, creare consapevolezza sulle possibilità offerte dalla *digitization* anche attraverso lo strumento di audit digitale. Ad oggi, molte PMI sono consapevoli degli sgravi fiscali e delle altre misure che favoriscono gli investimenti in capitale fisico inserite nel piano nazionale su Industria 4.0. Tuttavia, l'acquisto di macchinari e di altre tecnologie di ultima generazione spesso non viene accompagnato da un ripensamento dei processi produttivi, impedendo a queste aziende di approfittare appieno dei vantaggi di Industria 4.0. Per questa ragione, diventa importante comunicare l'importanza dell'audit

digitale per la comprensione delle opportunità legate al nuovo paradigma industriale. Spesso queste opportunità non si tramutano in vantaggi competitivi ma in azioni necessarie a stare al passo con la concorrenza più qualificata.

L'audit digitale ha i seguenti vantaggi per le PMI da un punto di vista comunicativo:

- Informare sui cambiamenti tecnologici che stanno avvenendo nell'industria e di fornire un *benchmark* della situazione dei concorrenti;
- Fornire un contatto tra le aziende e il mondo della ricerca e delle istituzioni coinvolte nella trasformazione tecnologica. Questo diventerà particolarmente rilevante con l'istituzione dei centri di competenza.

6.6.3 Lo strumento di digital readiness assessment creato dal Politecnico di Torino

Il Politecnico di Torino ha elaborato all'interno del progetto di Digital Readiness piemontese, spiegato nelle sezioni precedenti, un questionario di valutazione delle performance aziendali. Vista la confidenzialità del progetto non è possibile riportare i dettagli riguardanti la struttura e i contenuti del questionario, tuttavia, le aree in cui è stato suddiviso sono le seguenti:

- Auto-compilazione;
- Struttura, organizzazione e strategia;
- Strategie di ricerca, sviluppo e innovazione;
- Cultura aziendale;
- Progettazione e ingegneria;
- Smart product;
- Produzione;
- Supply chain;
- Logistica interna;
- Qualità;
- Manutenzione;
- Risorse umane;
- Marketing, customer care e vendite;

- Sistemi informativi.

La parte di auto-compilazione consiste in una serie di domande che le aziende compilano individualmente e che restituiscono una visione generale di come opera ed è strutturata l'impresa. Queste informazioni sono utili agli auditors per preparare la parte seguente dell'audit digitale: la visita in azienda.

Questa si svolge in presenza di almeno due auditors che raccolgono le informazioni osservando il contesto lavorativo e interrogando i responsabili delle aree funzionali. Le informazioni raccolte sono poi utilizzate per compilare le sezioni del questionario.

La restituzione dei risultati alle aziende avviene in due modalità:

- *Qualitativa* - tramite l'indicazione, per ogni sezione del questionario, dei punti di forza, delle debolezze e delle linee di intervento consigliate per rafforzare quella specifica area funzionale;
- *Quantitativa* – con il calcolo di tre punteggi relativi allo stato tecnologico, gestionale e organizzativo a partire dalle risposte fornite nel questionario.

6.6.4 Descrizione del campione

Hanno preso parte al progetto 25 piccole-medie imprese del territorio piemontese. Esse si sono distinte in un processo di selezione che ha avuto come obiettivo di individuare quelle maggiormente propense a intraprendere o a migliorare il proprio percorso di digitalizzazione. Il 68% (17 aziende) di esse ha, infatti, dichiarato di avere avviato dei progetti pilota seppure non siano stati inseriti all'interno di un piano strategico di ampio respiro. Il 24% (6 aziende) sta seguendo un approccio graduale per lo sfruttamento delle opportunità mentre il restante 8% (2 aziende) ha imperniato la sua strategia su Industria 4.0. Quest'ultimo dato risulta superiore ma comunque allineato a quello riportato da uno studio del Cerved del 2017 per cui le PMI piemontesi altamente innovative costituiscono il 6,8% del totale [5]. Tuttavia, a fare la differenza sono le altre percentuali dal momento che a livello nazionale circa il 60% delle PMI (su un campione di 42 mila imprese) non è consapevole delle opportunità collegate a Industria 4.0 o non ha valutato o avviato progetti in questa direzione.

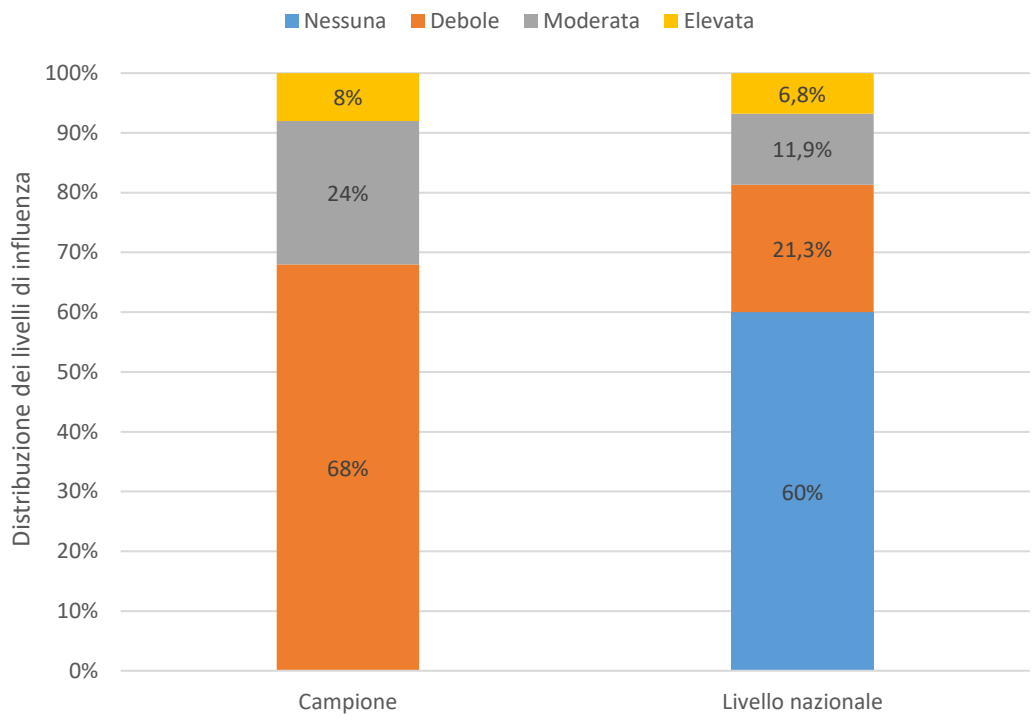

FIGURA 13. CONFRONTO TRA I LIVELLI DI CONSAPEVOLEZZA DEL CAMPIONE E DELLE AZIENDE A LIVELLO NAZIONALE

Si tratta anche di aziende con legami forti e radicati con gli enti e le associazioni territoriali con le quali possono collaborare per indagini ai fini di benchmark (come indicato dal 68% del campione) o per ricevere consulenze sui temi di Industria 4.0.

Il campione in esame è estremamente eterogeneo prendendo in considerazione altre dimensioni rilevanti che sono la dimensione, il settore di attività, il fatturato e la percentuale di quest'ultimo investita in attività di ricerca e sviluppo.

	Fatturato (€)	**R&S (% su fatturato)**
Minimo	8,500,000	1,0%
Massimo	263,694,971	17,0%
Media	45,941,662.06	5,9%

FIGURA 14. DATI DI FATTURATO E DI INVESTIMENTO IN R&S DEL CAMPIONE

Inoltre, non tutte le aziende dichiarano di effettuare investimenti in R&S. Il 48%, infatti, non ha un budget stanziato. Una percentuale minore, invece, non ha saputo indicare il

budget stanziato per cui potrebbe avere difficoltà ad accedere alle misure di supporto alla R&S previste nel piano nazionale.

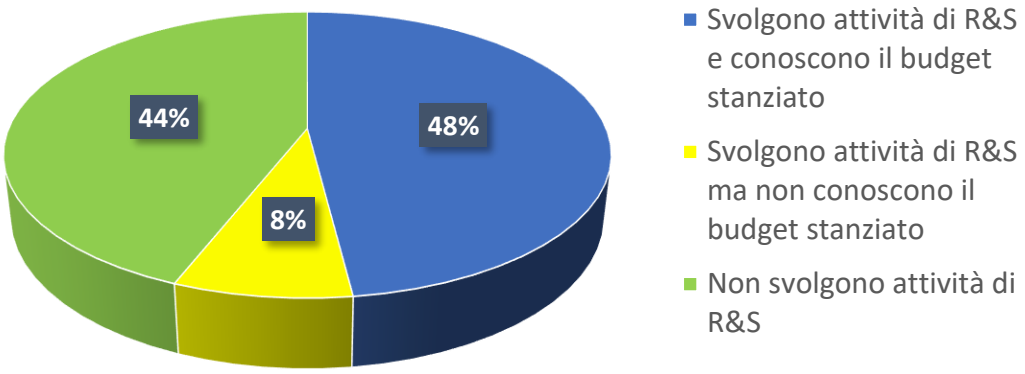

FIGURA 15. INVESTIMENTI IN RICERCA E SVILUPPO

Ciò significa che il campione non è utile per effettuare delle analisi statistiche accurate, tuttavia, l'obiettivo qui è di estrapolare alcune caratteristiche e tendenze accomunanti queste imprese (che, come abbiamo visto, si distinguono per un interesse più o meno marcato verso le opportunità di Industria 4.0) e che sono perciò di interesse per tutte quelle PMI che intendono avviare un percorso analogo di digitalizzazione.

6.6.5 Considerazioni emerse

Come osservato nella sezione precedente, le aziende del campione si distinguono per una consapevolezza e un impegno superiore alla media delle PMI italiane verso le tematiche connesse a Industria 4.0. Di seguito sono riportate alcune considerazioni fatte sulla base delle risposte fornite dalle aziende ad alcune domande selezionate del questionario previsto nell'audit tecnologico. Le domande vertono sulle strategie perseguite dalle aziende in diversi ambiti: collaborazione con partner esterni, pianificazione delle attività in relazione ai temi di Industria 4.0, ecc.

Grado di utilizzazione delle tecnologie di Industria 4.0

Il nuovo paradigma industriale è caratterizzato dall'impiego di un notevole numero di tecnologie. Uno dei fattori ostacolanti la sua diffusione tra le PMI è proprio la confusione generata dalla disponibilità di così tante tecnologie per cui può risultare difficile scegliere quelle più adatte alle proprie esigenze. Per una spiegazione dettagliata di queste tecnologie si rimanda al capitolo 2.

Le aziende del campione hanno assegnato un punteggio al grado di utilizzo di alcune tecnologie abilitanti. I punteggi sono stati assegnati su una scala 1-5 nella quale i valori assumono i seguenti significati:

- 1: Nullo, non conosciamo gli ambiti di utilizzo delle tecnologie potenzialmente applicabili al nostro settore;
- 2: Nullo, conosciamo gli ambiti di utilizzo delle tecnologie potenzialmente applicabili al nostro settore ma non stiamo valutando l'avvio di alcuna iniziativa pilota di Sviluppo sperimentale;
- 3: Stiamo valutando l'avvio di una sperimentazione di queste tecnologie attraverso un primo progetto pilota;
- 4: Stiamo industrializzando i risultati delle prime applicazioni dei progetti pilota ad alcune aree;
- 5: Stiamo estendendo i risultati delle prime applicazioni dei progetti pilota a diverse aree.

Il grafico seguente riporta le tecnologie in ordine decrescente di utilizzo:

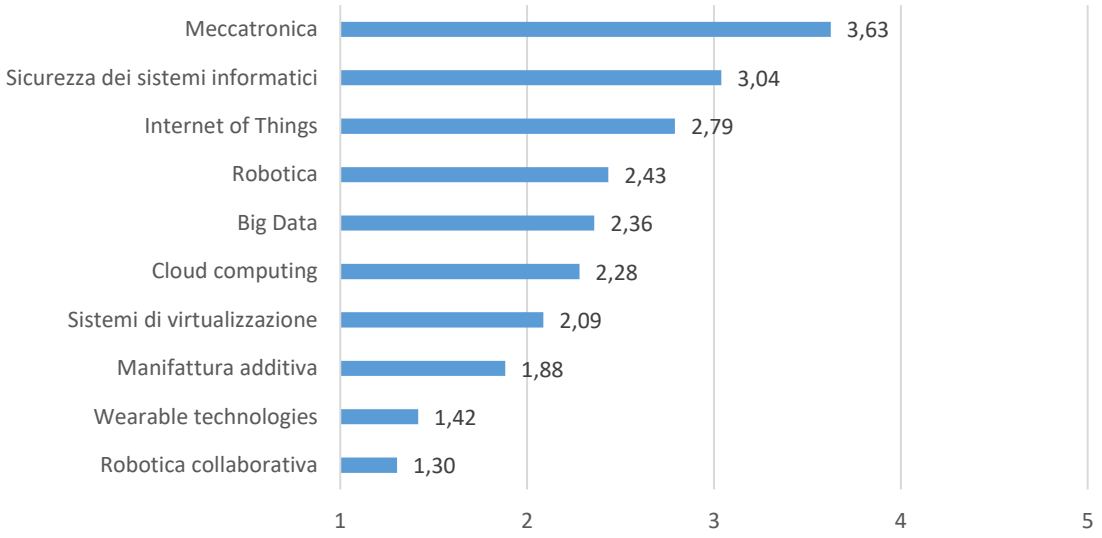

FIGURA 16. LIVELLO MEDIO DI UTILIZZO DELLE TECNOLOGIE ABILITANTI I4.0 ESPRESSO SU SCALA 1-5

La Figura 17 permette di cogliere con maggiore precisione come siano stati distribuiti i punteggi relativi a ogni singola tecnologia. La suddivisione è sempre basata sulla scala 1-5 la cui legenda è riportata sopra.

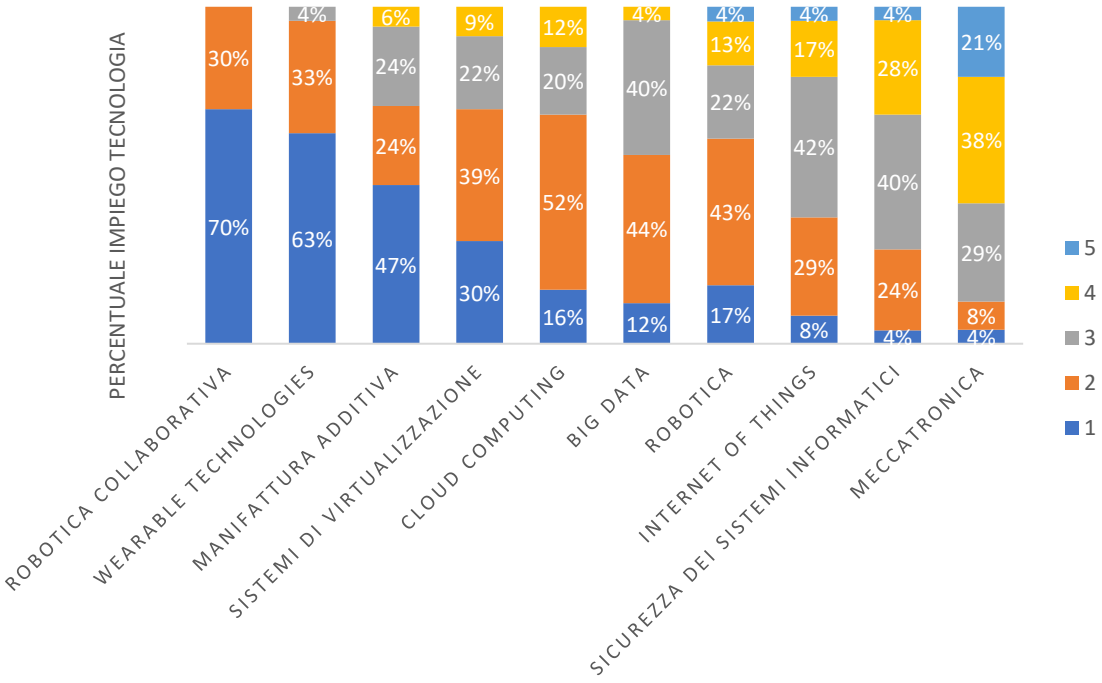

FIGURA 17. DISTRIBUZIONE PERCENTUALE NELL'IMPIEGO DELLE TECNOLOGIE DI INDUSTRIA 4.0

Uno dei dati più interessanti è quello relativo alla sicurezza dei sistemi informatici. Questi sono, infatti, alla base non solo di tecnologie divenute di massa (e.g. personal computer, smartphone) ma anche delle tecnologie di Industria 4.0 per cui la loro protezione dalle intrusioni maligne o dai malfunzionamenti (vedi 3.1.4 per maggiori dettagli in merito) è divenuta cruciale. Il dato è interessante in quanto mostra come le PMI del campione abbiano compreso la centralità dei sistemi informativi all'interno dei loro business.

Alcune tecnologie fortemente correlate al nuovo paradigma industriale risultano avere un grado di utilizzo marginale. In particolare, i *big data* e la manifattura additiva. Questo potrebbe essere giustificato alla luce dell'assenza di personale competente in queste materie e, specialmente nel caso della manifattura additiva, dai costi elevati dei macchinari (stampanti 3D).

Il grafico seguente permette di cogliere il grado di consapevolezza e di utilizzo delle tecnologie sulla base delle dimensioni delle PMI.

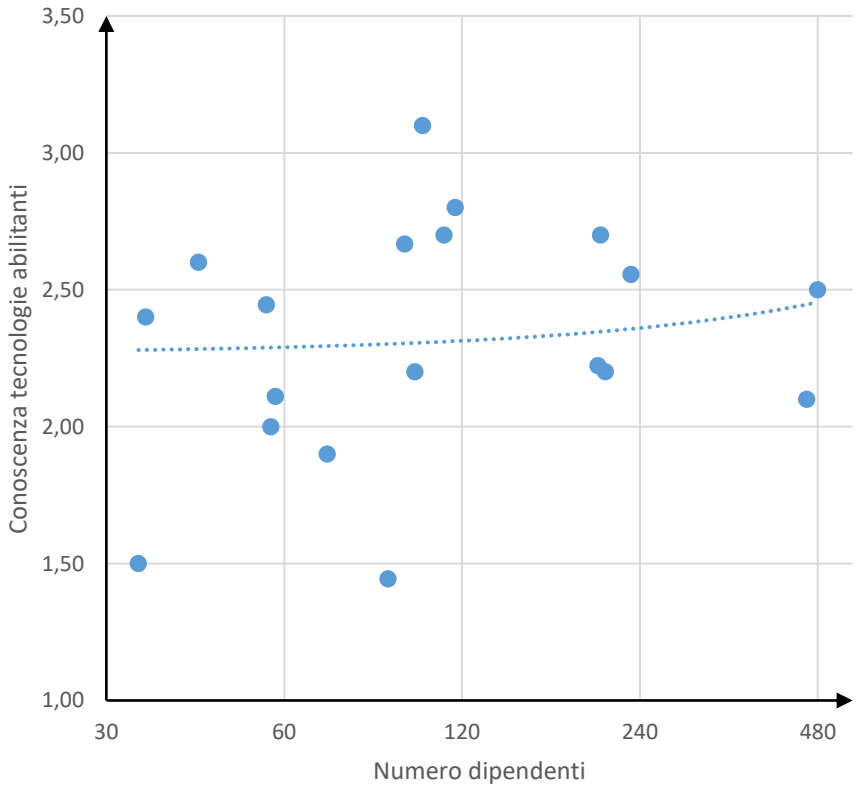

FIGURA 18. DISTRIBUZIONE DELLE AZIENDE LUNGO LE DIMENSIONI: NUMERO DIPENDENTI E CONOSCENZA DELLE TECNOLOGIE ABILITANTI (SCALA 1-5), CON LINEA RAPPRESENTANTE IL TREND

Il 68,2% delle aziende si colloca nella parte sinistra del quadrante e hanno un numero di dipendenti inferiore alla media del campione che è di 145. La disomogeneità maggiore nel grado di utilizzo delle tecnologie si nota proprio in questo gruppo che presenta una media di utilizzo uguale a 2,30. Il secondo gruppo, comprendente le aziende con più di 200 dipendenti, ha una media di 2,38. Perciò la dimensione delle aziende non suggerisce una particolare predisposizione all'utilizzo di tecnologie innovative.

Esplorazione di nuovi mercati e focus su quelli di riferimento

La capacità di esplorare nuovi mercati è rilevante per le aziende innovative in quanto permette di sfruttare le proprie competenze in filiere diverse da quelle di riferimento e, in alcuni casi, sviluppare dei vantaggi competitivi.

Il grafico seguente riporta la distribuzione delle aziende secondo due dimensioni:

- Il focus sui mercati di riferimento;
- La capacità esplorativa di nuove filiere.

Gli estremi della scala 1-5 su cui sono assegnati i valori:

- 1: poco importanza;
- 5: elevata importanza;

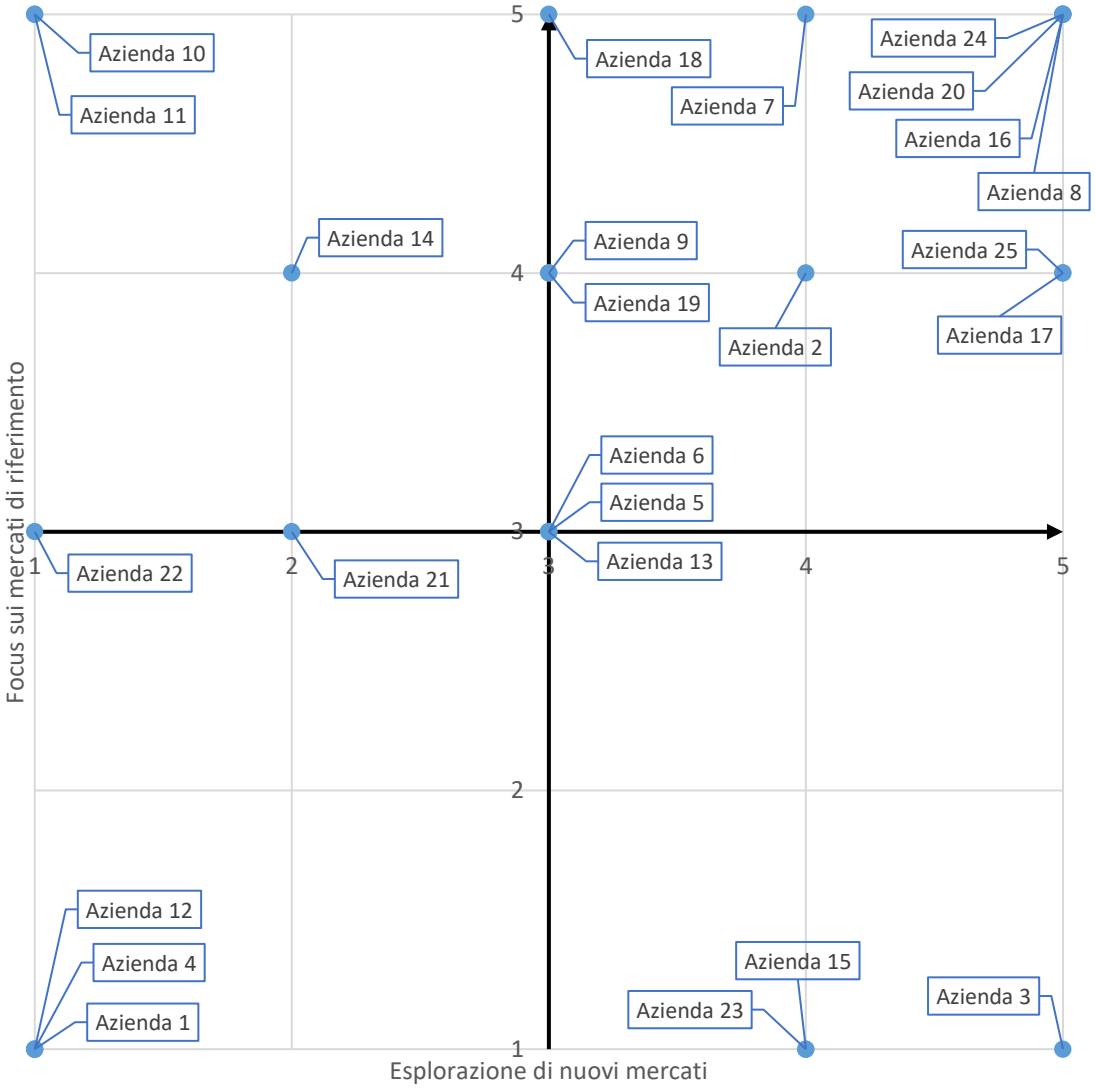

FIGURA 19. POSIZIONAMENTO AZIENDE RISPETTO AI MERCATI DI RIFERIMENTO E DA ESPLORARE

Una raffigurazione semplificata è data nella Figura 20 in cui per ogni quadrante è stata assegnata un'etichetta:

- Ambidestre: aziende che esplorano nuovi mercati mantenendo il focus su quelli di riferimento;
- Esploratrici: aziende prettamente rivolte all'esplorazione di nuove filiere, poco interessate a quelle in cui sono già presenti;
- Statiche: focus sui mercati di riferimento e poca disposizione a esplorarne di nuovi;

- Focus da definire: sono aziende senza una visione chiara riguardo il posizionamento sui mercati.

FIGURA 20. CLASSIFICAZIONE DELLE AZIENDE IN BASE AL POSIZIONAMENTO SUI MERCATI

Alcune domande del questionario erano rivolte a comprendere quanto queste tendenze e i relativi obiettivi fossero determinanti nel guidare il processo di digitalizzazione. L'esplorazione di nuovi mercati ha un'influenza ridotta sulle scelte in fatto di Industria 4.0. È stato assegnato un punteggio medio di 2,13 mentre il miglioramento della presenza nei mercati in cui sono già presenti ha ricevuto un punteggio di 2,88 il che mostra come il processo di digitalizzazione sia guidato principalmente dal desiderio di diventare più competitivi nei mercati familiari alle aziende.

Nei grafici seguenti viene, inoltre, mappato il livello d'influenza che hanno le scelte sui mercati riguardo il livello di integrazione tecnologica raggiunto dalle aziende. Queste sono state ordinate in ordine crescente in base al loro utilizzo delle tecnologie di Industria 4.0. La seconda dimensione fa, invece, riferimento all'influenza esercitata dai mercati sulle strategie digitali perseguite dal campione. La linea tratteggiata serve a visualizzarne il *trend* (in rosso è riportata la formula della retta). Se la linea risulta crescente significa che all'aumentare della seconda dimensione (quella relativa ai mercati) si ha un miglioramento del livello di digitalizzazione. Al contrario la correlazione risulterà negativa. La pendenza della retta ci informa, inoltre, sull'intensità della relazione.

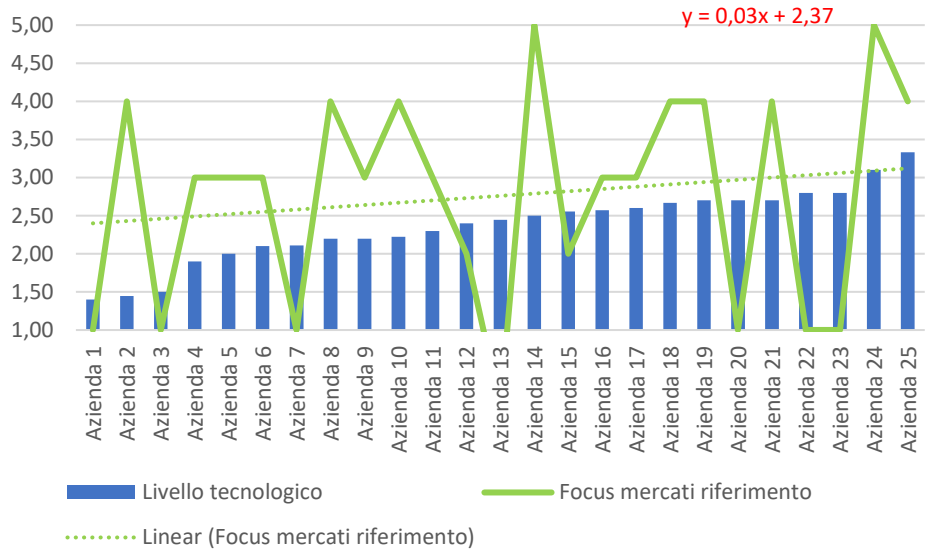

FIGURA 21. CORRELAZIONE TRA IL GRADO DI DIGITALIZZAZIONE DEL CAMPIONE E IL FOCUS SUI MERCATI IN CUI LE IMPRESE SONO GIÀ PRESENTI

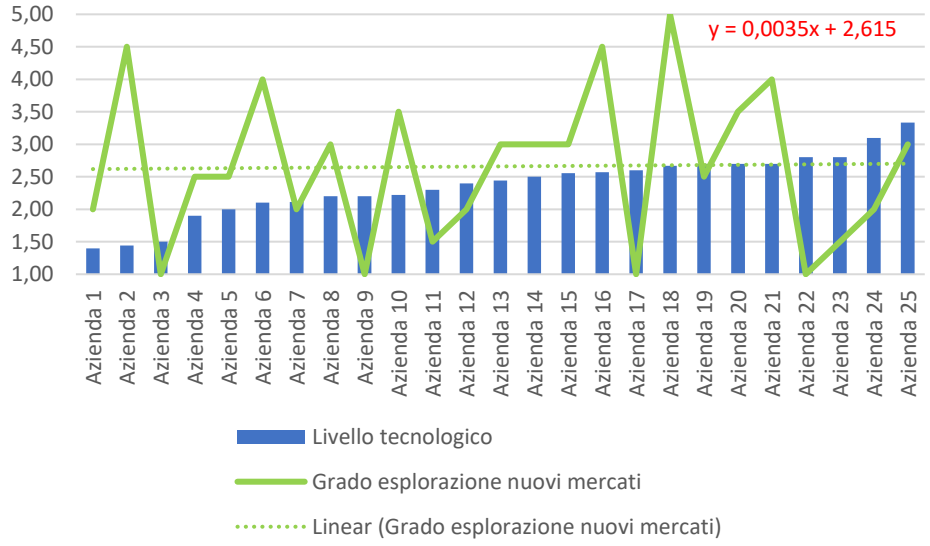

FIGURA 22. CORRELAZIONE TRA IL GRADO DI DIGITALIZZAZIONE DEL CAMPIONE E L'ESPLORAZIONE DI NUOVI MERCATI

Le pendenze delle rette sono:

- $y = 0{,}03x + 2{,}37$, per il focus sui mercati di riferimento;
- $y = 0{,}0035x + 2{,}615$, per l'esplorazione di nuovi mercati.

Essendo il coefficiente angolare della prima (3%) superiore, significa che le aziende con un livello di digitalizzazione maggiore hanno tendenzialmente un focus elevato sulle filiere in cui sono già presenti. L'esplorazione di nuovi mercati ha un impatto molto ridotto (coefficiente angolare 0,35%) sul livello digitale delle imprese.

L'influenza degli attori interni e esterni alla value chain

Nel capitolo 6.3 sono stati individuati gli attori che hanno un ruolo nell'influenzare le strategie delle piccole-medie imprese su Industria 4.0. Questi sono stati suddivisi in due macro-gruppi: i fornitori di tecnologia e di know-how (università, studi di consulenza, centri di ricerca, ecc.), e gli attori interessati a un miglioramento competitivo delle imprese (gli enti governativi e le grandi aziende che le hanno nell'indotto).

Le imprese hanno assegnato un punteggio d'influenza degli attori sulle loro strategie di digitalizzazione. La scala utilizzata è contenuta nell'intervallo 1-5 nella quale i valori estremi assumono i seguenti significati:

- 1: Non importante
- 5: Molto importante

Il grafico seguente li riporta in ordine decrescente:

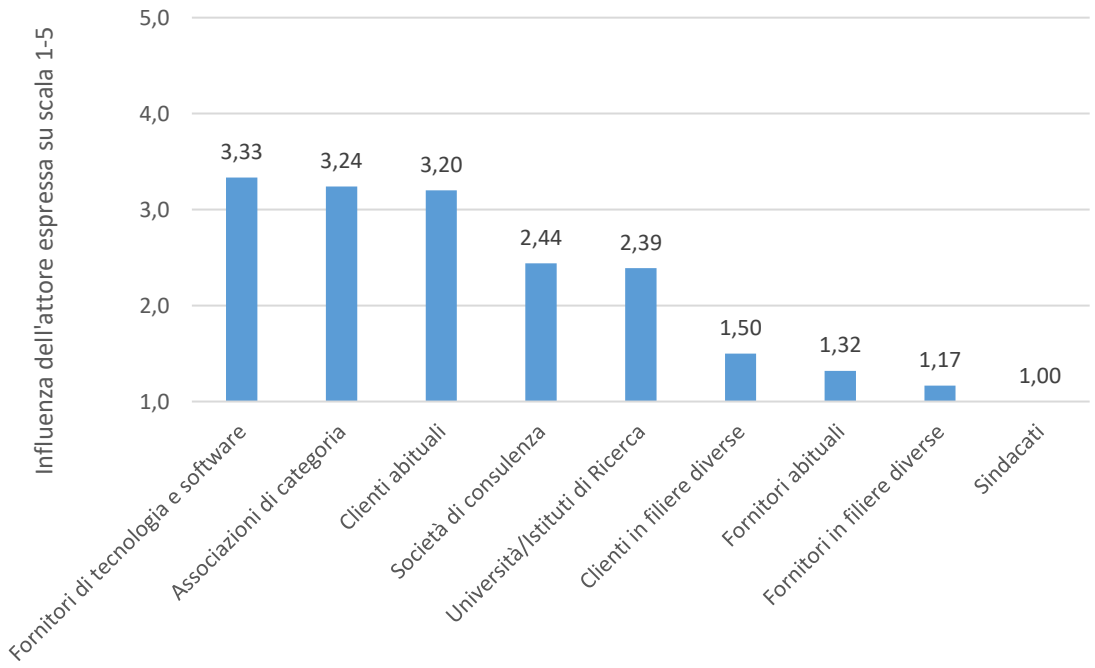

FIGURA 23. IMPORTANZA DEGLI ATTORI NELL'INFLUENZARE LE STRATEGIE SU INDUSTRIA 4.0, DOVE IL VALORE 5 INDICA MOLTO IMPORTANZA, 1 POCA IMPORTANZA

Come è stato notato in precedenza, le imprese del campione sono accomunate da un forte legame collaborativo con le associazioni di categoria territoriali e questo dato emerge con chiarezza nel grafico precedente dal momento che queste ricoprono il secondo posto per grado d'importanza dopo i fornitori di tecnologia. A seguire vengono i clienti abituali che hanno un interesse affinché le aziende siano maggiormente competitive e in taluni casi possono pretendere degli standard produttivi per proseguire la collaborazione.

È interessante notare come le università e i centri di ricerca si collochino a metà di questa lista, dietro le società di consulenza, seppure con uno scarto minimo in termini di punteggio. Questo dato può essere giustificato alla luce del ruolo d'intermediario svolto dalle associazioni di categoria tra le imprese e gli enti di ricerca/università, come è stato il caso del progetto in esame dove lo strumento di audit tecnologico è stato ideato e testato dai Docenti e Ricercatori del Politecnico di Torino.

I clienti e i fornitori in filiere diverse hanno un ruolo marginale a riprova dello scarso impegno e/o delle difficoltà delle aziende nel penetrare nuovi mercati.

Nel grafico seguente viene rappresentata l'influenza degli attori sulle 8 PMI con il punteggio di readiness tecnologica più alto per verificare se emergono delle differenze rispetto al campione preso nel suo insieme.

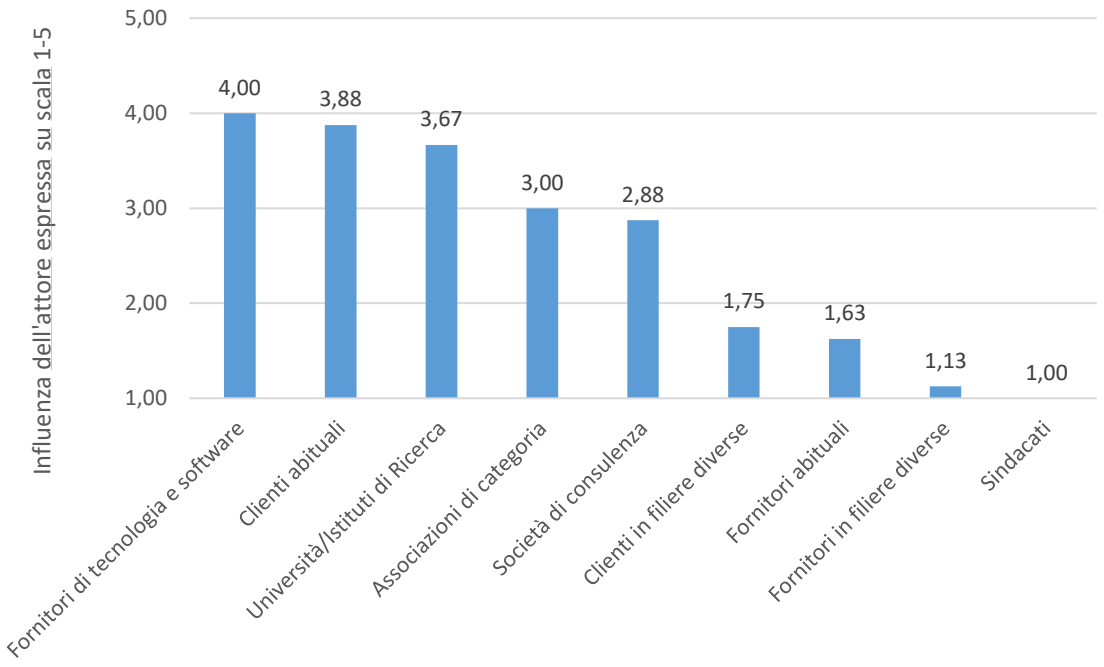

FIGURA 24. IMPORTANZA DEGLI ATTORI NELL'INFLUENZARE LE STRATEGIE SU INDUSTRIA 4.0 DELLE 8 PMI COL PUNTEGGIO DI READINESS TECNOLOGICA PIÙ ALTO

Si può notare che, rispetto al caso in cui si considerava l'insieme completo di imprese, ci sono dei cambiamenti riguardo l'influenza esercitata da alcuni attori. Queste variazioni sono riportate nella Tabella 14.

Attori	Rank campione ristretto		Rank campione completo
Fornitori di tecnologia e software	1	=	1
Clienti abituali	2	↑	3
Università/Istituti di Ricerca	3	↑	5
Associazioni di categoria	4	↓	2
Società di consulenza	5	↓	4
Clienti in filiere diverse	6	↑	6
Fornitori abituali	7	↑	7
Fornitori in filiere diverse	8	↓	8
Sindacati	9	=	9

TABELLA 14. CONFRONTO RILEVANZA ATTORI IN SCELTE I4.0 TRA CAMPIONE COMPLETO E CAMPIONE RISTRETTO

In particolare, l'Università ha un ruolo di primo piano nel guidare le scelte tecnologiche delle PMI più pronte sotto il profilo tecnologico. Invece, le società di consulenza, le associazioni di categoria e i fornitori in filiere diverse sono meno incisivi.

6.7 Conclusioni

In questo capitolo è emerso come le PMI siano soggette a dei problemi che ne rallentano e spesso impediscono una trasformazione in chiave digitale. I principali punti di debolezza riscontrati riguardano l'investimento economico e il rischio correlato al processo stesso di trasformazione (e quindi ai cambiamenti che ne deriverebbero). Inoltre, è stato anche 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 (e.g. università, centri di competenza, altre aziende). Un valido supporto alle PMI è fornito dai centri di competenza che oggi sono sempre più orientati alle piccole-medie imprese adottando approcci flessibili alle esigenze di queste entità.

Sono stati, anche trattati i temi della comunicazione per creare consapevolezza nelle PMI riguardo i temi di Industria 4.0. Sono stati, quindi, analizzati i canali informativi utilizzati (e.g. social media, workshop, video) e lo strumento di digital audit. Quest'ultimo in particolare è, normalmente, visto come un mezzo di valutazione dell'impresa senza finalità comunicative. E', invece, intenzione della tesi di affermare che l'audit tecnologico sia anche un importante strumento comunicativo in quanto permette alle aziende di interfacciarsi con degli esperti in materia di *digitization* e di approfondire tematiche che sarebbero altrimenti difficili da affrontare tramite altri canali di comunicazione.

Infine, sono stati analizzati i risultati del questionario per comprendere alcune caratteristiche del campione riguardo il posizionamento sui mercati di riferimento e su quelli in filiere diverse, sull'influenza esercitata dagli attori interni e esterni alla value chain riguardo le scelte relative a Industria 4.0 e sul grado di adozione tecnologica delle aziende. È emerso che le aziende che collaborano di più con le università, coi fornitori di tecnologia, coi clienti abituali, con le associazioni di categoria e che hanno un focus elevato sui mercati di riferimento hanno un livello più alto di digitalizzazione.

Capitolo VII – Conclusioni

Lo studio esposto in questo documento mira a presentare un quadro di misure d'intervento per stimolare la creazione di una consapevolezza diffusa tra le piccole-medie imprese riguardo i temi della digitalizzazione nel settore manifatturiero.

Nella prima parte della tesi è stata affrontata un'analisi approfondita della letteratura scientifica per comprendere quali siano le trasformazioni che la tecnologia e i processi intelligenti stanno portando nelle aziende e di individuarne i possibili sviluppi. Ampio spazio a tal proposito è stato dedicato alle tecnologie abilitanti il paradigma di Industria 4.0, ognuna delle quali ha spazi di applicazione diversi a seconda delle esigenze dei settori industriali e delle imprese che in essi vi operano. In tal senso, sono emerse alcune perplessità quali, ad esempio, il rischio che un trasferimento massiccio di informazioni sul piano virtuale, se non opportunamente gestito, renda le aziende vulnerabili a degli attacchi maligni perpetrati dall'esterno. Ma anche la questione dei costi e il bisogno di rivedere i *business plan* aziendali costituiscono alcune delle principali motivazioni che rallentano il passaggio a Industria 4.0. È stato notato che queste difficoltà risultano amplificate nel caso delle PMI in quanto hanno una disponibilità economica ridotta e un'avversione al rischio maggiore.

Si è cercato di individuare quali siano i prerequisiti per una implementazione efficace del paradigma e gli effetti che questo potrà avere a vari livelli: industriale, economico, sociale, ecc. Una delle preoccupazioni maggiori riguarda l'aumento della disoccupazione, trainata dall'impiego in maniera sostitutiva dei robot nelle mansioni finora svolte (anche in maniera parziale) manualmente. Tuttavia, si riscontra anche un miglioramento generale nella qualità dei prodotti e servizi erogati dalle aziende e una tendenza a offrire servizi sempre più complessi e integrati coi prodotti al fine di migliorare il valore offerto al cliente.

Al fine di avere una panoramica sulle iniziative politiche e industriali perseguite negli altri Paesi, sono stati presi in considerazione i piani di Industria 4.0 europei. Il confronto tra questi piani d'azione ha portato alla luce varie similitudini (e.g. un *focus* sulle

iniziative di carattere pratico sacrificando, per esempio, la ricerca teorica) ma anche delle differenze sostanziali che dimostrano come ci sia un bisogno generalizzato di ammodernare il settore manifatturiero ma le modalità possono differire a seconda di fattori intrinseci alle industrie nei vari Stati.

La seconda parte della tesi si è concentrata sulle iniziative volte a creare una consapevolezza diffusa sui temi di Industria 4.0 tra le aziende, e in particolare modo le PMI.

In questo frangente, ricoprono un ruolo fondamentale i centri di competenza. Sono stati presi in considerazione alcuni centri di competenza inglesi e tedeschi per delinearne le strategie comunicative e di coinvolgimento che adottano nei confronti delle PMI per stimolarle a sviluppare soluzioni innovative. Alcuni casi di studio sono stati utilizzati per dimostrare come da queste collaborazioni siano spesso nati progetti di successo che possono servire da esempi virtuosi per altre aziende che intendessero seguire un percorso analogo.

Infine, nell'ambito del progetto piemontese di valutazione della preparazione tecnologica di un campione di PMI, sono state messi in evidenza quelli che risultano gli attuali ostacoli che le piccole-medie imprese incontrano quando s'interfacciano col tema della digitalizzazione. In particolare, è emerso come questi siano legati agli investimenti economici, per cui è stato proposto di dare maggiore spazio all'informazione relativa agli incentivi fiscali inclusi nel piano sui Industria 4.0, e ai rischi correlati al fatto stesso di innovare e di modificare delle dinamiche consolidate nell'azienda.

Nell'ottica di affrontare i due fattori critici sopra esposti è stato introdotto il concetto dei centri di competenza, come strutture di supporto e di accompagnamento alle PMI. Da un'analisi dettagliata della letteratura, risulta che i risultati migliori delle collaborazioni con le PMI si ottengano quando i centri di competenza adottano un approccio flessibile, adattandosi alle esigenze delle PMI, e incrementale, evitando di proporre da subito innovazioni radicali che possano stravolgere il *business model* delle aziende. Qualora la collaborazione restituisse risultati positivi si può procedere per gradi verso soluzioni più radicali. L'obiettivo è di permettere agli imprenditori di sperimentare direttamente i

benefici derivanti dall'impiego di processi/macchine intelligenti senza costringerli a importanti sforzi economici né a sobbarcarsi dei rischi gravosi.

È stata altresì sottolineata l'importanza della capacità di assorbire le conoscenze pervenute da attori esterni all'impresa come unica reale possibilità di crescere e poter far innovazione. Nel caso le aziende non dimostrassero questo genere di capacità o volessero svilupparla ulteriormente, alcune soluzioni sono rappresentate dallo scambio di personale con enti terzi di supporto quali università e centri di ricerca, oppure dalla formazione del personale.

La parte finale dell'elaborato analizza i risultati emersi dal progetto di valutazione della readiness tecnologica di un campione di PMI del territorio piemontese. Il campione non è utilizzabile per effettuare valutazioni di tipo statistico in quanto il numero di aziende coinvolte è insufficiente (25 PMI) e le differenze di dimensione nonché di settore di appartenenza ne fanno un campione eterogeneo. Tuttavia, le risposte fornite al questionario di valutazione sono state utili per effettuare delle osservazioni generali.

Il campione si contraddistingue per una buona consapevolezza riguardo le occasioni offerte dal nuovo paradigma industriale rispetto a quanto emerge su scala nazionale. Tutte le aziende hanno, infatti, avviato almeno dei progetti pilota usando le tecnologie abilitanti Industria 4.0. Il 60% delle PMI italiane, invece, dichiara di non essere a conoscenza delle opportunità di I4.0 o di non aver avviato progetti in tal direzione.

Il 44% delle aziende svolge attività di ricerca e sviluppo, mentre la restante parte si divide tra quelle che non ne svolgono (48%) o che non hanno saputo indicare il budget stanziato (8%) e, quindi, potrebbero avere delle difficoltà ad accedere alla misura del credito d'imposta.

Riguardo il comportamento sui mercati, il 56% del campione ritiene rilevanti sia quelli in cui sono già presenti sia l'esplorazione di quelli nuovi. Questo comportamento è stato definito ambidestro.

Il numero di dipendenti (che varia da circa 30 a qualche centinaio nel campione) non è risultato essere un fattore discriminante il grado di readiness tecnologica delle imprese.

Infine, è stata calcolato il grado d'influenza degli attori interni e esterni alla value chain sulle scelte strategiche in ottica Industria 4.0, prima sul campione preso nel suo insieme e, successivamente, sulle PMI che hanno dimostrato una maggiore readiness tecnologica ed è emerso che queste ultime sono egualmente influenzate dai fornitori di tecnologia e dai clienti abituali ma in maniera superiore dalle università, che nel caso del campione preso nel suo insieme, avevano un ruolo marginale. Questo costituisce uno spunto di riflessione per il ruolo giocato dalle università e dai centri di ricerca nella quarta rivoluzione industriale.

Bibliografia

[1] M. Ayygari, A. Demirguc-Kunt e V. Maksimovic, «Small vs. young firms across the world: Contribution to employment, job creation and growth,» Fraunhofer Institute of Technology, 2014.

[2] «Le piccole e medie imprese in Italia,» Confcommercio, 2009. [Online]. Available: https://www.confcommercio.it/-/le-piccole-e-medie-imprese-in-italia.

[3] E. Siggins, S. Heathcote, R. Mirkovic e S. Daniels, «Growing the global economy through SMEs,» 2012.

[4] «Small business: A global agenda,» Association of chartered certified accountants (ACCA), 2010.

[5] «Rapporto Cerved PMI,» Cerved, 2017.

[6] J. Smit, S. Kreutzer, C. Moeller e M. Carlberg, «Industry 4.0,» EU, Policy Department A, 2016.

[7] G. Schuh, T. Potente, C. Wesch-Potente, A. Weber e J.-P. Prote, «Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0,» Procedia CIRP 19 (2014) 51 – 56, 2014.

[8] E. Hofmann, D. Maucher, J. Hornstein e R. D. Ouden, «Capital equipment purchasing: Optimizing the total cost of CapEx sourcing,» Heidelberg: Springer, 2012.

[9] R. Engelman, «The Second Industrial Revolution, 1870-1914,» [Online]. Available: http://ushistoryscene.com/article/second-industrial-revolution/.

[10] M. Walter, A. Monnig, M. Hummel, C. Schneemann, E. Weber, G. Zika, R. Helmrich, T. Maier e C. Neuber-Pohl, «Industry 4.0 and the consequences for labour market and economy,» Institute for Employment and Research (IAB), 2015.

[11] H. Kang, J. Lee, S. Choi, H. Kim, J. Park, J. Son, B. Kim e S. Noh, «Smart manufacturing: past research, present findings, and future directions.,» International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 2016.

[12] D. Ivanov, A. Dolgui, B. Sokolov, F. Werner e M. Ivanova, «A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory Industry 4.0,» Int. J. Prod. Res. 54 (2), 2016.

[13] A. Sadeghi, C. Wachsmann e M. Waidner, «Security and privacy challenges in industrial Internet of Things,» In Proceedings of the 52nd ACM/EDAC/IEEE Design, 2015.

[14] H. W. W. H. J. Kagermann, «Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0,» In: Final report of the Industrie 4.0 Working, 2013.

[15] «Umfrage in mittelständischen Unternehmen zum Thema Digitalisierung – Bedeutung für den Mittelstand im Auftrag der DZ Bank,» 2014.

[16] H. Lasi, P. Fettke, H.-G. Kemper, T. Feld e M. Hoffmann, «Industrie 4.0,» Bus. Inf. Syst. Eng. 6 (4), 2014.

[17] M. Brettel, N. Friederichsen, M. Keller e M. Rosenberg, «How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: an industry 4.0 perspective,» Int. J. Mech. Aerosp. Ind. Mechatron. Manuf. Eng 8 (1), 2014.

[18] «World First in Metrology-Assisted Robotic Automation,» [Online]. Available: http://www.the-mtc.org/our-case-studies/world-first-in-metrology-assisted-robotic-automation.

[19] R. V. Kranenburg, «The Internet of Things: A Critique of Ambient Technology and the All-Seeing Network of RFID,» Institute of network cultures, Amsterdam, The Netherlands, 2007.

[20] L. Xu, W. He e S. Li, «Internet of Things in Industries: A Survey,» IEEE Transactions on industrial informatics, 2014.

[21] D. Bandyopadhyay e J. Sen, «Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization,» Wireless Pers. Commun., 2011.

[22] W. Bauer, S. Schlund, D. Marrenbach e O. Ganschar, «Industrie 4.0 - Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland,» Fraunhofer-IAO, 2014.

[23] J. Lee, B. Bagheri e H.-A. Kao, «A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems,» Manufacturing Letters, 2015.

[24] J. Schlechtendahl, M. Keinert, F. Kretschmer, A. Lechler e A. Verl, «Making existing production systems Industry 4.0-ready,» Production Engineering, 2015.

[25] H. Kagermann, W. Wahlster e J. Helbig, «Reccomendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0 Final report of the Industrie 4.0 Working Group,» Frankfurt am Main: Communication Promoters Group of the Industry-Science Research Alliance, acatech, 2013.

[26] D. Kiel, J. Muller, C. Arnold e K. Voigt, «Sustainable Industrial Value Creation: Benefits and Challenges of Industry 4.0,» 2017.

[27] «Differenze tra dati strutturati, semi strutturati e non strutturati,» Bucap, [Online]. Available: https://www.bucap.it/news/approfondimenti-tematici/digitalizzazione-documenti/dati-strutturati-semi-non-strutturati.htm.

[28] J. Lee, E. Lapira, B. Bagheri e H. Kao, «Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment,» Manuf Lett, 2013.

[29] «Industry 4.0 - How to navigate digitization of the manufacturing sector,» McKinsey&Company, 2015.

[30] D. Laney, «3-D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity and Variety,» 2001.

[31] A. Tole, «Big Data Challenges,» 2013.

[32] M. Hogan e A. Sokol, «Cloud Computing Standards Roadmap Version 2,» NIST Cloud Computing Standards Roadmap Working Group, 2013.

[33] G. Brunette e R. Mogul, «Security Guidance for Critical Area of Focus in Cloud Computing,» Cloud Security Alliance, 2009.

[34] S. Chaves, C. Westphall, C. Westphall e G. Gerônimo, «Customer security concerns in cloud computing,» Proceedings of the 10th International Conference on Networks, 2011.

[35] F. Moghaddam, M. Ahmadi, S. Sarvari, M. Eslami e A. Golkar, «Cloud computing challenges and opportunities: A survey,» Piscataway: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2015.

[36] «Global Spending on Robots Projected to Hit $87 Billion by 2025,» Boston Consulting Group (BCG), 2017. [Online]. Available: https://www.bcg.com/d/press/21june2017-gaining-robotics-advantage-162604.

[37] I. Campbell, D. Bourell e I. and Gibson, «Addictive Manufacturing: Rapid Prototyping Comes of Age,» Rapid Prototyping Journal, 2012.

[38] V. Kumar e D. D., «An assessment of data formats for layered manufacturing,» Adv Eng Soft, 1997.

[39] K. Satish Prakash, T. Nancharaih e V. Subba Raocì, «Additive Manufacturing Techniques in Manufacturing - An Overview,» Elsevier, 2018.

[40] «Securing the future of German manufacturing industry. Reccomendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0,» Bitkom, Vdma, Zvei, 2013.

[41] «Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative. industrie 4.0,» Forschungsunion/acatech, 2013.

[42] «Industry 4.0 Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies,» Deloitte, 2014.

[43] G. T. &. Invest, «Industrie 4.0. Smart Manufacturing for the Future».

[44] N. Sagenere, «SMEs largely wary of digitalisation in Germany,» Euractiv, 2015. [Online]. Available: https://www.euractiv.com/section/digital/news/smes-largely-wary-of-digitalisation-in-germany/.

[45] C. Arnold, D. Kiel e K.-I. Voigt, «Innovative Business Models for the Industrial Internet of Things,» BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 2017.

[46] S. A. K.D.W. Thoben e T. Wuest, «"Industrie 4.0" and smart manufacturing-a review of research issues and application examples,» International Journal of Automation Technology, 2017.

[47] S. M.N. Maslarić e D. Mirčetić, «Logistics Response to the Industry 4.0: The Physical Internet,» Open Engineering, 2016.

[48] M. Petri, K. Marjaana, T. Maarit e V. Kristiina, «Toward Ecosystemic Business Models in the Context of Industrial Internet,» Journal of Business Models, 2016.

[49] J. Ehret, «Unlocking value from machines: business models and the industrial internet of things,» Journal of Marketing Management, 2017.

[50] D. Ibarra, J. Ganzarain e J. Igartua, «Business model innovation through Industry 4.0: A review,» Elsevier, 2017.

[51] Y. Osterwalder, «Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers,» John Wiley & Sons, 2010.

[52] G. Chryssolouris, D. Mavrikios e D. Mourtzis, «Manufacturing systems: skills & competencies for the future.,» Procedia CIRP 7, 17-24, 2013.

[53] «Manufuture High Level Group and Implementation Support,» ManuFuture Platform - Strategic Research Agenda, assuring the future of manufacturing in Europe, 2006.

[54] «What is Intellectual Property?,» [Online]. Available: http://www.wipo.int/about-ip/en/.

[55] «Security tools for Industry 4.0,» Fraunhofer, 2014. [Online]. Available: https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2014/march/security-tools.html.

[56] P. Carey, Data Protection. A practical guide to EU and UK law, OUP, 2009.

[57] «Industrie 4.0 et sécurité informatique : les nouvelles menaces,» L'UsineDigitale, 2015. [Online]. Available: https://www.usine-digitale.fr/article/industrie-4-0-et-securite-informatique-les-nouvelles-menaces.N337102.

[58] J. Bergounhoux, «Cybersécurité : le cas très particulier de l'Internet des objets industriels,» L'UsineDigitale, 2015. [Online]. Available: http://www.usine-digitale.fr/article/cybersecurite-le-cas-tres-particulier-de-l-internet-des-objetsindustriels.N339109.

[59] E. Kovacs, «Cyberattack on German Steel Plant Caused Significant Damage: Report,» Security Week, 2014. [Online]. Available: https://www.securityweek.com/cyberattack-german-steel-plant-causes-significant-damage-report.

[60] «South Korean nuclear operator hacked amid cyber-attack fears,» The Guardian, 2014. [Online]. Available:

http://www.theguardian.com/world/2014/dec/22/south-korea-nuclear-power-cyber-attack-hack.

[61] E. Dockterman, «Robot Kills Man at Volkswagen Plant,» Time, 2015. [Online]. Available: http://time.com/3944181/robot-kills-man-volkswagen-plant/.

[62] C. Paine, Regia, *Do you trust this computer.* [Film]. 2018.

[63] R. Avant, «The third great Wave,» *The Economist,* 4 October 2014.

[64] H. Hirsch-Kreinsen, «Digitization of industrial work: Development paths and prospects,» Journal for Labour Market Research 49 (1), 1-14, 2016.

[65] J. Keynes, «Essays in Persuasion,» New York, W.W. Norton & Co., 1963, pp. 358-373.

[66] P. Aghion e P. Howitt, «Growth and Unemployment,» Rev. Econ. Stud..

[67] R. Evangelista, P. Guerrieri e V. Meliciani, «The Economic Impact of Digital Technologies in Europe,» Econ. Innovation. New. Tech, 2014.

[68] D. Spath, O. Ganschar, S. Gerlach, M. Hämmerle, T. Krause e S. Schlund, «Producktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0,» Stuttgart, 2013, 2013.

[69] E. Brynjolfsson e A. McAfee, «The Seconda Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies,» Norton, 2014.

[70] C. Frey e M. Osborne, «The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?,» Oxford, 2013.

[71] P. Kotler, Marketing Management: Planning, Implementation and Control, 8th ed., Prentice Hall, 1994.

[72] B. Lalonde e P. Zinszer, Customer service: meanings and measurement, National council of physical distribution management, 1976.

[73] V. Mathieu, «Service strategies within the manufacturing sector: benefits, costs and partnership,» International Journal of Service Industry Management, 2001.

[74] O. Rogelio, «Managing the transition from product to services,» International Journal of Service Industry Management, 2013.

[75] W. Bauer, M. Hammerle, S. Schlund e C. Vocke, «Transforming to a hyper-connected society and economy – Towards an "Industry 4.0",» Procedia Manufacturing 417 – 424, 2015.

[76] «Strategic Policy Forum on Digital Entrepreneurship. Accelerating the digital transformation of European industry and enterprises,» 2016.

[77] L. Probst, B. Pedersen, O. M.-D. C. Lonkeu, L. N. Araujo, D. Klitou, J. Conrads e M. Rasmussen, «Evidence of positive outcomes and current opportunities for EU businesses,» European Union, 2017.

[78] «Key lessons from national Industry 4.0 policy initiatives in Europe,» 2017.

[79] D. Elsy, «Keep calm and innovate,» Catapult [Online], [Online]. Available: https://hvm.catapult.org.uk/news-events-gallery/news/keep-calm-and-innovate/.

[80] «High Value Manufacturing Catapult - Pathways to Impact,» Warwick Economics & Development, 2015.

[81] L. Probst, B. Pedersen e O.-K. Lonkeu, «Digital Transformation Scoreboard 2017: Evidence of positive outcomes and current opportunities for EU businesses,» 2017.

[82] «Skills for Growth: the national skills strategy,» BIS Economic Paper No. 4, 2010.

[83] W. MacDougall, «Industrie 4.0. Smart manufacturing for the future,» Germany Trade and Invest, 2014.

[84] J. Muller, O. Buliga e K. Voigt, «Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovation in Industry 4.0,» Elsevier, 2018.

[85] «The new High-Tech Strategy Innovations for Germany,» Bundesministerium für Bildung und Forschung/Federal Ministry of Education and Research (BMBF), 2014.

[86] «Facts and Figures,» Fraunhofer, [Online]. Available: https://www.fraunhofer.de/en/about-fraunhofer/profile-structure/facts-and-figures.html.

[87] «Homepage,» Lashare, [Online]. Available: https://www.lashare.eu/.

[88] «Assessments,» Lashare, [Online]. Available: https://www.lashare.eu/en/lea.html.

[89] «Impact,» Catapult, [Online]. Available: https://catapult.org.uk/impact/.

[90] D. Elsy, «Keep calm and innovate,» Catapult, [Online]. Available: https://hvm.catapult.org.uk/news-events-gallery/news/keep-calm-and-innovate/.

[91] «Next Generation Additively Manufactured Aircraft Seat Structure,» MTC, [Online]. Available: http://www.the-mtc.org/our-case-studies/next-generation-additively-manufacturing-aircraft-seat-structure.

[92] M. Cantamessa e F. Montagna, Management of Innovation and Product Development, Springer, 2016.

[93] «World First in Metrology-Assisted Robotic Automation,» MTC, [Online]. Available: http://www.the-mtc.org/our-case-studies/world-first-in-metrology-assisted-robotic-automation.

[94] «Eneplan: cutting the environmental costs of machining,» Amrc, [Online]. Available: http://www.amrc.co.uk/case-studies/eneplan-cutting-the-environmental-costs-of-machining.

[95] «TiTan X-Treme: Record-breaking tooling for titanium,» Amrc, [Online]. Available: http://www.amrc.co.uk/case-studies/titan-x-treme-record-breaking-tooling-for-titanium.

[96] «Clean energy stored in electric vehicles to power buildings,» WMG, [Online]. Available: https://warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/mediacentre/wmgnews/?newsItem=8a17841a5c872aca015ca616e838753f.

[97] K. Uddin, M. Dubarry e M. Glick, «The viability of vehicle-to-grid operations from a battery technology and policy perspective,» 2018.

[98] «Bloodhound SSC: Supersonic showcase for engineering,» Amrc, [Online]. Available: http://www.amrc.co.uk/case-studies/bloodhound-ssc-supersonic-showcase-for-engineering.

[99] G. Chryssolouris, D. Mavrikios e D. Mourtzis, «Manufacturing systems: skills & competencies for the future,» Procedia CIRP 7, 17-24.

[100] A. Caputo, F. Cucchiella, L. Fratocchi, P. Pelagagge e F. Scacchia, «A methodological framework for innovation transfer to SMEs,» 2002.

[101] A. Perna, E. Baraldi e A. Waluszewski, «Is the value created necessarily associated with money? On the connections between an innovation process and its monetary dimension: The case of Solibro's thin-film solar cells,» Industrial Marketing Management, 2015.

[102] S. Najafi-Tavania, Z. Najafi-Tavani, P. Naudé, P. Oghazi e E. Zeynaloo, «How collaborative innovation networks affect new product performance: Product innovation capability, process innovation capability, and absorptive capacity,» Industrial Marketing Management - Elsevier, 2018.

[103] B. J. Barney, «Firm resources and sustained competitive advantage,» Journal of Management, 1991.

[104] D. Fayard, S. L. Lee, A. R. Leitch e J. W. Kettinger, «Effect of internal cost management, information systems integration, and absorptive capacity on inter-organizational cost management in supply chains,» Accounting, Organizations and Society, 2012.

[105] M. Brettel, N. Friederichsen, M. Keller e M. Rosenberg, «How virtualization, decentralization, and network building change the manufacturing landscape: an Industry 4.0 perspective,» International journal of mechanical, aerospace, industrial, mechatronic and manufacturing engineering, 2014.

[106] K. V. H. A. Wong, «A review of additive manufacturing,» *ISRN Mechanical Engineering,* 2012.

[107] «Homepage,» Astute Wales, [Online]. Available: http://www.astutewales.com/en/.

[108] «SMEs in Japan: a new growth driver,» Economist Intelligence Unit, 2010.

[109] C. Liedholm e D. Mead, «Small scale industries in developing countries. Empirical evidence and policy implications,» 1987.