



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE E AZIENDALI**  
**“MARCO FANNO”**

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN ECONOMIA INTERNAZIONALE**  
*LM-56 Classe delle lauree magistrali in SCIENZE DELL'ECONOMIA*

Tesi di laurea

**Industria 4.0 e occupazione: casi di studio da  
un campione di imprese venete**

*Industry 4.0 and employment: case studies from  
a sample of companies in Veneto*

Relatore:

Prof. ANTONIETTI ROBERTO

Laureando:

DI GALLO ANDREA

Anno Accademico 2018-2019



Il candidato dichiara che il presente lavoro è originale e non è già stato sottoposto, in tutto o in parte, per il conseguimento di un titolo accademico in altre Università italiane o straniere.

Il candidato dichiara altresì che tutti i materiali utilizzati durante la preparazione dell'elaborato sono stati indicati nel testo e nella sezione "Riferimenti bibliografici" e che le eventuali citazioni testuali sono individuabili attraverso l'esplicito richiamo alla pubblicazione originale.

Firma dello studente

---



# Indice

Introduzione.....	9
<b>CAPITOLO 1 Intelligenza Artificiale, automazione, robotica e Industria 4.0 .....</b>	<b>11</b>
1.1 Differenza tra IA e automazione .....	11
1.2 La robotica, l'origine e il concetto .....	12
1.2.1 La robotica industriale e il trend di mercato .....	12
1.2.2 La robotica umanoide e di servizio .....	14
1.3 Dalla prima alla quarta rivoluzione industriale.....	14
1.3.1 Prima Rivoluzione Industriale.....	15
1.3.2 Seconda Rivoluzione Industriale.....	16
1.3.3 Terza Rivoluzione Industriale .....	17
1.3.4 Quarta Rivoluzione Industriale .....	19
1.4 Piano Nazionale Industria 4.0 e le tecnologie abilitanti fondamentali.....	22
1.4.1 Big Data e Analytics .....	27
1.4.2 Internet of Things e controller embedded.....	28
1.4.3 Cybersecurity .....	29
1.4.4 Cloud computing .....	30
1.4.5 Visual Computing, simulazione e realtà aumentata .....	31
1.4.6 Integrazione Orizzontale e Verticale .....	31
1.4.7 Robotica e Automazione Avanzata .....	32
1.5 Criticità nella realizzazione di un sistema 4.0 .....	33
1.6 Benefici nell'implementazione di Industria 4.0.....	35
<b>CAPITOLO 2 L'innovazione tecnologica nella crescita economica, dal passato al futuro.....</b>	<b>37</b>
2.1 Innovazione tecnologica secondo il pensiero classico e neoclassico .....	37
2.2 L'effetto spostamento e i meccanismi di compensazione .....	39
2.2.1 Meccanismi di compensazione Classico-Neoclassici e Keynesiano-Schumpeteriani .....	39
2.2.2 Relazione tra automazione e innovazione orizzontale .....	41
2.2.3 Effetti positivi sulla domanda di lavoro.....	43

2.3 Limitazioni agli effetti compensativi e cause di rallentamento del processo di adattamento.....	45
2.4 Il passaggio all'epoca moderna.....	47
2.5 L'occupazione nel XXI secolo.....	48
2.5.1 I robot.....	53
2.5.2 Il caso Stati Uniti.....	55
2.5.3 Il caso Cina.....	56
2.5.4 Il caso Giappone.....	58
2.5.5 Il caso Italia.....	59
CAPITOLO 3 Casi di studio da un campione di aziende venete .....	61
3.1 Premessa all'analisi empirica.....	61
3.2 Procedimento e questionario per l'analisi .....	62
3.3 Aziende intervistate.....	66
3.3.1 Intervista all'azienda MTS S.p.a. ....	66
3.3.1.1 La storia aziendale .....	66
3.3.1.2 MTS e Industria 4.0 .....	67
3.3.2 Intervista all'azienda IMO S.r.l. ....	70
3.3.2.1 La storia aziendale .....	70
3.3.2.2 IMO e Industria 4.0.....	72
3.3.3 Intervista all'azienda BFR Meccanica S.r.l. ....	73
3.3.3.1 La storia aziendale .....	73
3.3.3.2 BFR e Industria 4.0.....	74
3.3.4 Intervista all'azienda Galdi S.r.l. ....	76
3.3.4.1 La storia aziendale .....	76
3.3.4.2 Galdi e Industria 4.0.....	77
3.3.5 Intervista all'azienda Secco Sistemi S.p.a. ....	80
3.3.5.1 La storia aziendale .....	80
3.3.5.2 Secco Sistemi e Industria 4.0 .....	81
3.4 Confronti tra imprese.....	82
3.4.1 Confronto tra le aziende in esame .....	82
3.4.2 Confronto tra il campione selezionato e le aziende del Nord Italia .....	91

Considerazioni conclusive.....	93
Bibliografia.....	97
Sitografia .....	105





# Introduzione

Il presente elaborato ha lo scopo di analizzare il tema del progresso tecnologico e, più nello specifico, dell'Industria 4.0, soffermandosi su quale è stato l'impatto di tali fenomeni nel mercato del lavoro, in particolar modo sull'occupazione.

Gli argomenti esaminati, sono stati spunto di dibattito nella politica dei governi di tutto il mondo e in Italia hanno assunto una notevole rilevanza negli ultimi anni. Le manovre economiche di finanziamento hanno previsto una serie di agevolazioni al fine di permettere alle aziende di investire in quelle che oggi sono considerate "tecnologie 4.0".

Nel Capitolo 1 viene definito inizialmente il concetto di automazione, intelligenza artificiale, robotica e Industria 4.0, contestualizzando i presenti temi durante le Rivoluzioni Industriali che si sono susseguite a partire dal XVIII secolo. Viene poi dedicato ampio spazio a quella che oggi è conosciuta come "Quarta Rivoluzione Industriale" o "Industria 4.0" e alle relative "tecnologie abilitanti fondamentali", le quali sono necessarie per il passaggio ad un'economia più verde, essenziali per modernizzare la base industriale dell'Europa e per guidare lo sviluppo di industrie completamente nuove.

Il secondo Capitolo, invece, analizza nello specifico il pensiero di alcuni grandi studiosi circa le conseguenze occupazionali dovute all'automazione dei processi industriali. Il fenomeno della disoccupazione di massa, è sempre stato al centro delle principali discussioni politico-economiche. Molto acceso è stato il dibattito tra chi attribuisce la causa di tale disoccupazione al progresso tecnologico e chi, invece, smentisce simile accusa affermando come l'automazione abbia creato nuovi posti di lavoro, oltre che ad una serie di effetti compensativi di mercato che hanno permesso una crescita equilibrata.

Il capitolo si conclude esaminando il ruolo, sempre più determinante, che i robot stanno assumendo all'interno dell'industria, riportando alcuni esempi concreti di Paesi come gli Stati Uniti, la Cina, il Giappone e l'Italia.

Essendo, Industria 4.0, un tema relativamente nuovo in Italia, è stato deciso di effettuare uno studio qualitativo su un campione di aziende Venete di piccole e medie dimensioni.

Il fine di questa analisi è capire quali sono le conseguenze riscontrate dall'introduzione di nuove tecnologie 4.0 a livello d'impresa. Sono state prese in esame variabili quali, attività d'impresa, dipendenti, fatturato, tecnologie adottate, motivazioni, cambiamenti organizzativi interni e risultati. L'indagine è stata condotta chiedendo direttamente ai dirigenti d'azienda di rispondere ad alcune domande precedentemente redatte sotto forma di questionario.

Le aziende selezionate si differenziano per il settore merceologico di destinazione; tale scelta è stata effettuata per poter confrontare entità imprenditoriali di simili dimensioni ma operanti in mercati diversi. Gli approcci ad Industria 4.0 sono gli stessi? Le motivazioni e i risultati sono in linea con le aspettative?

# CAPITOLO 1

## Intelligenza Artificiale, automazione, robotica e Industria 4.0

### 1.1 Differenza tra IA e automazione

Un insieme di tecnologie che estendono le capacità umane attraverso la comprensione, l'azione e l'apprendimento, permettendo alle persone di fare molto di più. Si potrebbe così riassumere in una definizione generale l'idea di ciò che oggi viene chiamata intelligenza artificiale (Accenture, 2018).

Se “intelligenza artificiale” non risulta chiaro per tutti, ciò che potrebbe invece unire il pensiero comune è “apprendimento automatico”. È infatti proprio quest'ultimo che sta trasformando il nostro mondo più velocemente di quanto ci si renda conto; in particolare, sta trasformando il commercio.

L'Intelligenza Artificiale al giorno d'oggi è sempre più un partner per le persone, influenza il loro stile di vita e il modo in cui lavorano. È proprio per questo motivo che le imprese devono capitalizzarne il potenziale riconoscendo l'impatto che l'intelligenza artificiale causa alla propria realtà aziendale. Questa collaborazione è possibile soltanto se si riuscirà a reinventarne il ruolo come membro attivo della società (Daugherty et al., 2018).

Esiste una profonda differenza tra intelligenza artificiale e automazione e che ai più risulta minima, pur parlando di due tecnologie ben distinte tra loro. Esistono chiaramente dei punti in comune ma per distinguere i tratti differenzianti partiamo dalla loro caratteristica principale: mentre l'IA (Intelligenza Artificiale) è progettata per simulare il pensiero umano, l'automazione è un software che segue delle regole pre-programmate. Quest'ultima, che ormai si può trovare in qualunque tipologia di sistema applicato alle necessità umane, ha l'obiettivo di rendere più semplice l'esperienza dell'utente finale. A differenza dell'automazione invece, l'intelligenza artificiale è progettata per missioni più complesse e, laddove applicata ad una macchina, sarà in grado di svolgere non solo compiti monotoni e ripetitivi ma potrà anche rispondere ad eventi imprevisti proprio come reagisce il cervello umano; ed è proprio come l'uomo che l'IA progredisce e migliora con l'esperienza. Sia l'una che l'altra tecnologia vengono oggi utilizzate sempre più frequentemente nelle imprese che hanno adottato l'industria 4.0 <sup>1</sup> e che stanno investendo in essa. Quando infatti le due si incontrano possono dare vita a dei macchinari molto intelligenti, in grado di risolvere problemi e operazioni dalle più banali alle più complesse. Lecito chiedersi se un giorno le

---

<sup>1</sup> Per Industria 4.0 si intende la quarta rivoluzione industriale dove la produzione industriale sarà caratterizzata sempre più da processi automatizzati e interconnessi.

“macchine” avranno mai un’intelligenza propria, indipendente e autonoma che possa superare quella umana. Questo filone di pensiero definisce la teoria dell’IA “forte” mentre coloro che la ritengono incapace di pareggiare le capacità intellettive umane, riuscendo solamente a simulare parte dei processi cognitivi senza riuscire a riprodurli nella loro totale complessità, vengono allineati alla teoria dell’IA “debole” (Libero.Tecnologia, <https://tecnologia.libero.it/le-differenze-tra-automazione-e-intelligenza-artificiale-15824>).

## **1.2 La robotica, l’origine e il concetto**

La “robotica”, è un termine che può essere associato sia al concetto di intelligenza artificiale sia di automazione, ma che si differenzia a seconda che si tratti di “robotica umanoide” o di “robotica industriale” ovvero in base ai diversi campi di applicazione.

La robotica è una scienza interdisciplinare che si occupa della progettazione e dello sviluppo di robot, ciò significa che durante la sua progettazione sono coinvolte diverse discipline e conoscenze. L’origine del nome è letteraria, fu Isaac Asimov (Asimov, 1982) il padre delle tre leggi della robotica<sup>2</sup> e dei robot positronici, il primo a parlare di robotica in un racconto di fantascienza del 1942. Risale però al 1920 il termine *robot*, che fu utilizzato con il significato di “lavoratore” nel dramma teatrale fantascientifico “I robot universali di Rossum” di Karel Čapek. Il nome *robot* ha però radici ben più profonde, trova infatti le sue origini in due vocaboli cechi, *robotnik* (“schiavo”) e *robota* (“lavoro forzato”) per definire una nuova classe di “persone artificiali”, nell’idea di Čapek, che sarebbero state create in un futuro per servire gli umani (Ross, 2016).

Fu nel 1961 che in New Jersey la General Motors introdusse il primo robot industriale della storia all’interno della sua fabbrica di automobili: un braccio meccanico progettato a metà degli anni Cinquanta da Joseph Engelberger e George Devol. Soltanto dieci anni dopo in Giappone nasce Wabot-1, robot antropomorfo progettato dalla Waseda University di Tokyo, mentre negli Stati Uniti allo stesso tempo viene progettato il primo drone militare capace di decollare da solo (Robotiko, <https://www.robotiko.it/robotica-umanoide/>).

### **1.2.1 La robotica industriale e il trend di mercato**

Una sostanziale differenza intercorre tra robotica di tipo “industriale” e robotica di tipo “umanoide”.

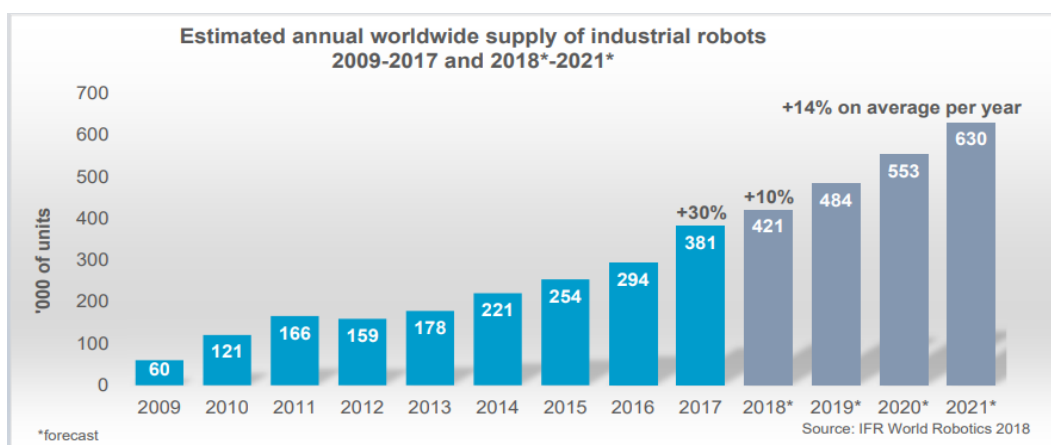
---

<sup>2</sup> Le Tre Leggi della Robotica sono: 1) Un robot non può recar danno a un essere umano né può permettere che, a causa del proprio mancato intervento, un essere umano riceva danno. 2) Un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli esseri umani, purché tali ordini non contravvengano alla Prima legge. 3) Un robot deve proteggere la propria esistenza, purché questa autodifesa non contrasti con la Prima o la Seconda Legge.

Per robot industriali si intendono generalmente bracci robotizzati controllati da software, il cui obiettivo è sollevare l'uomo dallo svolgere attività faticose e pesanti; essendo questi dotati di giunti, sensori e attuatori, possono essere impiegati per lo smistamento, l'assemblaggio, il confezionamento, la saldatura e il trasporto di materiali (Robotiko, <https://www.robotiko.it/robotica-umanoide/>).

Nel 2017, come si evince dalla Figura n.1, le vendite di robot sono aumentate del 30% raggiungendo le 381.335 unità, un nuovo picco per il quinto anno consecutivo. Le principali trascinatrici di questa eccezionale crescita sono state l'industria metallurgica (+55%) e l'industria elettrica/elettronica (+33%). Le vendite nel settore automobilistico invece sono aumentate del 22% e nonostante ciò quest'ultima industria è rimasta il principale cliente dell'offerta robotica con una quota pari al 33% dell'offerta totale nel 2017. L'elettrico/elettronico negli ultimi tre anni è stato il settore che ha registrato il maggior sviluppo e ad oggi è diventato il cliente più importante in quasi tutti i principali mercati asiatici come Cina, Giappone e Corea del Sud (Litzenberger, 2018).

Figura 1. Stima dell'offerta annuale di robot industriali nel mondo



Fonte: International Federation of Robotics, 2018, p.6

Dal 2010, la domanda di robot industriali ha subito una notevole accelerazione a causa della costante tendenza verso l'automazione e ai continui miglioramenti tecnici innovativi nel campo dell'automazione industriale. Tra il 2012 e il 2017, l'aumento medio delle vendite annue di robot è stato del 19%; il numero di installazioni robotiche non era mai aumentato così rapidamente prima di allora. Questa è una chiara indicazione di come la domanda di robot industriali nel mondo sia aumentata vertiginosamente (Litzenberger, 2018).

### **1.2.2 La robotica umanoide e di servizio**

La robotica umanoide, a differenza di quella industriale, ha lo scopo di progettare e realizzare robot dalle sembianze umane dotati di intelligenza artificiale e in grado agire autonomamente. Questa tipologia di robotica è in continua evoluzione ed è destinata a catalizzare l'attenzione e gli sforzi di scienziati e case costruttrici nei prossimi decenni. Il Paese che più sta investendo nel settore della robotica umanoide è il Giappone a cui si deve la realizzazione del robot più intelligente del mondo, Asimo: un umanoide targato Honda capace di rispondere a comandi vocali, riconoscere singole voci e volti riuscendo inoltre a moderare la forza per la presa di oggetti (Robotiko, <https://www.robotiko.it/robotica-umanoide/>).

Si è visto come la robotica possa essere applicata sia in ambito industriale che per ricreare, pur con certi limiti, le capacità cognitive proprie dell'uomo.

Essi non sono però gli unici campi di successo; difatti ad oggi è possibile riscontrare l'introduzione di robot in una moltitudine di settori e ad ognuno di essi una diversa funzionalità. Tra questi è la robotica di servizio che si caratterizza per essere un nuovo ambito a forte espansione e rappresenta uno dei più promettenti trend tecnologici emergenti.

I robot di servizio, chiamati anche cobot o robot collaborativi, sono pensati per lavorare e collaborare con l'uomo condividendo gli stessi spazi. Lo scopo principale per cui si lavora per lo sviluppo della robotica di servizio è quello di produrre robot che operino in maniera autonoma o semiautonoma per compiere servizi utili al benessere degli esseri umani (Borgato et al., 2018).

### **1.3 Dalla prima alla quarta rivoluzione industriale**

L'automazione, l'intelligenza artificiale e la robotica sono i risultati di anni di ricerca nel campo delle scienze, dell'economia e della tecnologia e già dalla fine del XX secolo sono applicati in quasi tutti i settori. Molti sono i ricercatori che hanno studiato il progresso tecnologico nel corso dei secoli e di comune accordo è stata definita la Prima Rivoluzione Industriale il punto di partenza per poter studiare i risvolti tecnologici nella società al tempo corrente.

Nei prossimi paragrafi si vede quali sono stati i passaggi storici fondamentali che hanno permesso di raggiungere l'attuale stato tecnologico.

È possibile individuare tre Rivoluzioni Industriali appartenenti al passato. La Prima, a partire dalla seconda metà del XVIII secolo, riguardò l'introduzione della macchina a vapore e l'impiego di strumenti produttivi meccanici. La Seconda prese piede a cavallo tra il XIX e il XX secolo, e fu caratterizzata dall'utilizzo di mezzi produttivi ad energia elettrica, dalla produzione di massa e dalla divisione del lavoro. La Terza si sviluppò negli anni '70 del XX

secolo, grazie alle nuove tecnologie elettroniche in grado di automatizzare l'esecuzione dei processi.

### **1.3.1 Prima Rivoluzione Industriale**

Difficile identificare il momento esatto in cui ebbe inizio la Prima Rivoluzione industriale e per questo motivo il suo periodo storico può essere ricondotto ad una serie di invenzioni che hanno delineato un cambiamento economico e politico, nello stile di vita e nella cultura popolare nell'Inghilterra del XVIII secolo. Due furono i simboli principi della Prima Rivoluzione industriale: il carbone che rese possibile la macchina a vapore, e il ferro, con il quale vennero costruiti treni, ferrovie, macchine, edifici e ponti. Questi cambiamenti portarono inevitabilmente allo sviluppo di industrie, nel settore tessile e siderurgico.

Nel 1799, due figure paradigmatiche dell'Illuminismo industriale, Sir Joseph Banks e Benjamin Thompson, fondarono la Royal Society, dedicata alla ricerca e incaricata di tenere conferenze pubbliche su questioni scientifiche e tecnologiche. Nel primo decennio dell'Ottocento, queste conferenze furono dominate dall'imponente figura di Humphry Davy, per molti versi un'icona classica dell'Illuminismo industriale. Nonostante queste personalità di rilievo e le istituzioni fondate per diffondere la conoscenza scientifica, molte, se non tutte, delle invenzioni centrali della Rivoluzione Industriale, soprattutto nel settore tessile, avevano poco a che fare con i progressi della scienza o la conoscenza proposizionale più ampiamente definita. Difatti, molto lavoro sperimentale fu svolto nelle fabbriche più avanzate, create dalla stessa tecnologia. Quest'ultime assunsero un ruolo fondamentale e divennero depositi di conoscenze utili e siti dove le tecniche venivano eseguite attraverso un crescente processo di specializzazione (Mokyr, 2010).

Gli esperimenti, un tempo regno dei signori scienziati, alla fine del diciottesimo secolo erano diventati un'attività da bottegaio. In tali sistemi, il progresso tende ad essere frammentario e cumulativo piuttosto che rivoluzionario, ma senza tali micro-invenzioni, il processo di innovazione si sarebbe fermato. Macro-invenzioni e micro-invenzioni sono intrinsecamente complementari, ma la loro capacità di stimolarsi a vicenda stava migliorando in un'epoca che credeva profondamente nel miglioramento e stava imparando a realizzarlo.

Parte del problema della comprensione della Rivoluzione Industriale è l'attenzione della letteratura all'industria tessile, il che è abbastanza comprensibile data l'importanza centrale della rivoluzione tecnologica del cotone. Tuttavia, come ha sostenuto Temin (Temin, 1997), la Rivoluzione Industriale si è diffusa in molte industrie e settori così come il progresso tecnologico. Ciò che era unico nella seconda metà del XVIII secolo non erano i progressi in un'industria o in un'altra, ma la spinta al progresso su un ampio fronte. Eppure, tale "spinta" al

miglioramento trovava maggior resistenza in alcuni settori come l'agricoltura e la medicina: in questi campi infatti, il progresso era più lento o addirittura inesistente. La conclusione che si può trarre dalla prima Rivoluzione Industriale è che la sua importanza storica come testa di ponte della moderna crescita economica non è stata tanto nelle trasformazioni del cotone e del vapore avvenute tra il 1760 e il 1800, ma nella capacità delle economie occidentali di sostenere il progresso tecnologico (Mokyr, 2010).

Il periodo successivo al 1815 in Gran Bretagna fu di grande consolidamento, e con esso arrivò un'enorme spinta verso la razionalizzazione della produzione. Come in altre industrie, la Gran Bretagna era ben servita dalle alte competenze e dalle ampie conoscenze pratiche dei suoi ingegneri meccanici, un'epoca in cui destrezza ed esperienza potevano ancora sostituire una formazione formale in matematica e fisica. L'ingegneria meccanica, è stata un'attività centrale della Rivoluzione Industriale, generando una quota sproporzionata di innovazioni. Gli operatori di torni e macchine da taglio impararono a costruire macchine a motore che potevano poi essere applicate in altri settori industriali da lavoratori con minori competenze: gran parte di queste attrezzature stavano diventando standardizzate. Le economie dell'Occidente, tra il 1830 e il 1860, erano impegnate nel progresso e nello sviluppo economico e in questo periodo fu la crescita della tecnologia dei trasporti ad aver avuto un impatto significativo: i viaggi erano infatti diventati più veloci e meno costosi (Mokyr, 2010).

### **1.3.2 Seconda Rivoluzione Industriale**

L'ondata di innovazioni che si verificò approssimativamente tra il 1860 e il 1914 fu più radicale e spettacolare nei suoi progressi tecnici e concettuali di qualsiasi altra epoca della storia umana. Il periodo 1859-1873 è stato caratterizzato come uno dei più fecondi e densi di innovazioni nella storia. È difficile quantificare e testare con precisione tali affermazioni, naturalmente, ma quasi tutte le nuove tecniche sviluppate durante la prima metà del ventesimo secolo, e molte altre ancora, hanno avuto origine durante il periodo comunemente identificato come la Seconda Rivoluzione Industriale.

Le industrie di Paesi come Francia, Germania, Stati Uniti, Inghilterra cominciarono ad investire ingenti somme di capitale per commissionare ricerche mirate a sopperire le esigenze che nascevano dal mondo produttivo. Nel 1870 Zénobe Théophile Gramme, un belga di lavoro a Parigi, costruì il primo generatore pratico e da lì ebbe luogo una cascata di innovazioni, i cui nomi più famosi come Tesla ed Edison furono in grado di costruire dispositivi in grado di sfruttare la nuova forma di energia; l'impatto dell'elettricità sulla produttività industriale è stato relativamente lento, ma non c'è dubbio che il suo consumo ha trasformato la società (Mokyr, 2010).



Le invenzioni della precedente rivoluzione furono messe a punto, sostenute da nuove, più economiche, tecniche di produzione. Le nuove scoperte invece, una volta applicate alla realtà aziendale e affiancate alla diffusione della catena di montaggio e al fenomeno del taylorismo<sup>3</sup>, aumentarono ed aiutarono la produzione nella maggioranza dei settori. Non aumenta soltanto la produzione ma anche la commercializzazione dei prodotti conosce un nuovo importante successo. Nonostante il notevole miglioramento del settore industriale e commerciale, una nuova crisi economica colpì l'umanità alla fine dell'800; fino ad allora il principale problema con cui dovettero combattere i vari Paesi del mondo fu la carenza di produzione nel settore agricolo. Questa crisi prende il nome di sovrapproduzione industriale, in altre parole i Paesi che beneficiavano dallo sviluppo industriale producevano più di quanto fosse possibile smerciare.

In termini di benessere economico, è difficile sostenere che qualsiasi sviluppo tecnologico possa eguagliare l'impatto dei miglioramenti della salute che hanno avuto luogo durante la Seconda Rivoluzione Industriale. Le prove statistiche della demografia sembrano confermarlo senza alcun dubbio. Tra il 1870 e il 1914 la mortalità infantile in Occidente è diminuita di circa il 50% (Mokyr, 2010).

### **1.3.3 Terza Rivoluzione Industriale**

La terza e ultima vera e propria rivoluzione industriale coincide con le considerevoli trasformazioni economiche, politiche e sociali proprie degli anni '70, '80 e '90 del XX secolo. Il primo rilevante aspetto è quello della diffusione dell'industrializzazione su scala mondiale mentre il secondo riguarda la terziarizzazione delle economie avanzate nella quale il lavoro intellettuale prevale rispetto a quello manuale segnando così un cambiamento radicale nella gestione e composizione delle risorse umane.

Per quanto concerne invece l'ambito produttivo, un notevole contributo alla sua crescita è dovuto alle attività economiche immateriali, come innovazione tecnologica e scientifica, informazione, R&S, arte, spettacolo, che hanno prodotto un valore aggiunto rispetto ai beni materiali. Tale sviluppo fu possibile grazie anche ai considerevoli investimenti nei campi dell'istruzione e formazione oltre che ad un sostanziale miglioramento del tenore e stile di vita derivante dalla ricchezza sociale capitalizzata nell'era industriale.

Visibili furono i cambiamenti che le nuove realtà aziendali industrializzate adottarono nel modo di produrre: si passò dalla catena di montaggio alla Lean Production, un nuovo sistema

---

<sup>3</sup> Il Taylorismo è la teoria che definisce l'organizzazione del lavoro industriale, nella quale vengono stabiliti in modo dettagliato i ritmi delle operazioni nella catena di montaggio. Tali operazioni sono studiate per essere il più semplice possibile così da eliminare movimenti inutili e sopperire la necessità di specializzazione.

che alleggerisce la produzione secondo il principio del “Just In Time”<sup>4</sup> e della “Qualità Totale”<sup>5</sup> (De Agostini Editore, <http://www.sapere.it/sapere/strumenti/studifacile/geografia-economica/Il-pianeta-uomo-e-la-tecnosfera/Il-sistema-industriale/La-terza-rivoluzione-industriale-.html>).

Alla fine del XIX secolo, circa la metà degli americani lavorava in agricoltura. Nel 2000, quella frazione era scesa al di sotto del 2% e solo nel corso del secolo scorso, abbiamo visto coloro che si occupano della produzione di beni (dall'estrazione mineraria, alla produzione e alla costruzione) scendere da circa un terzo della popolazione a poco meno di uno su cinque. Nello stesso periodo, la percentuale di americani coinvolti nei servizi è più che raddoppiata, passando dal 31% nel 1900 a quasi l'80% alla fine del secolo scorso. Dal 1900, il numero di aziende agricole negli Stati Uniti è diminuito del 63%, e la dimensione media delle aziende agricole è cresciuta di due terzi. L'economia degli Stati Uniti, negli ultimi 150 anni, ha visto cambiamenti sbalorditivi.

L'industria è passata da agraria ad industrializzata, da prevalentemente rurale a prevalentemente urbana e suburbana, da quella in cui la maggior parte delle persone non ha completato la scuola superiore a quella in cui il 40% dei 18-24 anni sono iscritti al college. Questo non è stata soltanto una rivoluzione industriale ma tutta una serie di cambiamenti, culminati nel massiccio spostamento negli ultimi decenni dalla produzione ai servizi, alimentati dalla globalizzazione e dalle nuove tecnologie (Rothkopf, 2012).

Durante questo periodo storico, esattamente nel 1969 negli Stati Uniti, fu raggiunto uno dei più famosi ed importanti successi degli ultimi secoli: Internet.

Negli anni '60 i computer costavano decine o addirittura centinaia di migliaia di dollari ed inoltre, occupavano molto spazio. Ciò significava che la disponibilità di computer a disposizione del personale militare e degli scienziati era limitata. Per poter risolvere il problema, andando incontro alla crescente necessità di scambiare specifiche informazioni in tempi brevi, l'Advanced Research Projects Agency (ARPA) del Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti decise di provare a collegare una serie di grandi computer in modo che potessero condividere software, informazioni di ricerca o anche spazio di archiviazione in interi Stati. Essi stabilirono un sistema chiamato ARPAnet, che aveva quattro hub principali: le Università della California a Santa Barbara e Los Angeles, l'Università dello Utah e la SRI International.

---

<sup>4</sup> Il Just In Time è processo che riduce al minimo l'accumulo di risorse in magazzino, producendo in base alle ordinazioni dei clienti.

<sup>5</sup> La Qualità Totale è la possibilità di apportare migliorie al prodotto durante la fase di realizzazione assecondando le esigenze del cliente.

Una delle principali ragioni che spinse il Dipartimento della Difesa americano ad investire in progetti di ricerca legati all'ambiente militare, fu la necessità di proteggere il Paese da un possibile attacco nemico durante il periodo della Guerra Fredda. L'obiettivo era realizzare un sistema di comunicazione tra i diversi enti militari ed amministrativi in grado di assicurare lo scambio di informazioni anche in caso di attacco nucleare (Giangrandi, 2010).

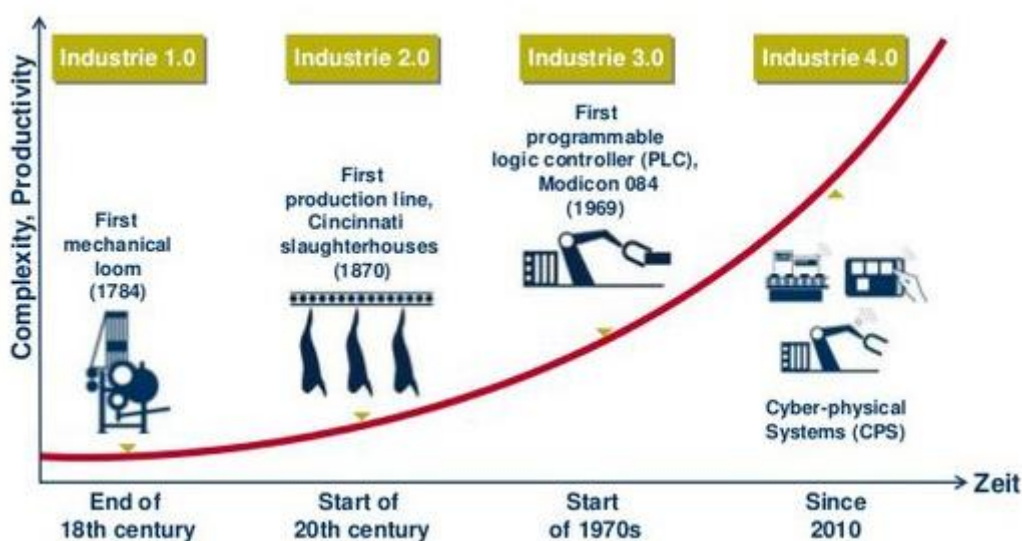
Gli step raggiunti da questa nuova interconnessione furono: nel 1972 cominciò ad essere utilizzata la posta elettronica (e-mail), il trasferimento di file FTP (File Transfer Protocol) e il collegamento remoto (remote login). Nel 1974 nacquero i protocolli IP (Internet Protocol) e TCP (Transmission Control Protocol). Nel 1979 le Università Statunitensi furono connesse dalla rete CSNet (Computer Science Research Network). L'ultimo dei più importanti step fu il raggiungimento di Internet nel 1980 come interconnessione tra ARPAnet e CSNet tramite un gateway basato sui protocolli IP/TCP (Maccherani, 2004).

Oggi internet è considerato un mezzo di comunicazione semplice ed efficace, flessibile ed economico, apprezzato ed utilizzato dalla maggior parte della popolazione mondiale.

### 1.3.4 Quarta Rivoluzione Industriale

Nella Figura 2 è possibile notare il passaggio tra le diverse rivoluzioni industriali che si sono susseguite negli anni a partire dalla fine del XVIII secolo. Gli ultimi cinquanta anni di storia sono stati delineati dal passaggio dall'automatizzazione all'industria 4.0 ovvero l'unione dell'esperienza e delle competenze con l'automazione totale ed interconnessione delle produzioni (Alfacod, 2015).

Figura 2. Industria 4.0, la prossima Rivoluzione Industriale



Fonte: ALFACOD sistemi di identificazione automatica e mobile computing, 2015

Il traguardo finale che la terza rivoluzione industriale ha permesso di raggiungere è l'automazione nelle fabbriche che, assieme allo sviluppo della tecnologia e di Internet, ha contribuito a rivoluzionare molti aspetti della vita economica e sociale. È grazie alle nuove tecnologie a disposizione dell'uomo che presto si arriva ad un'ultima rivoluzione, che ad oggi è conosciuta come Industria 4.0.

Industria 4.0, è un processo di innovazione basato sull'impiego di sensori di macchinari intelligenti, di comunicazioni attraverso reti wireless, grazie alla sempre più elevata potenza di calcolo a disposizione. Nel 2011, il termine venne coniato durante la Hannover Messe, su iniziativa del gruppo di lavoro gestito da Siegfried Dais e Henning Kegermanns, nonché del Governo federale tedesco. Tale progetto faceva parte del più ampio piano "High-tech Strategy 2020" per lo sviluppo industriale del Paese.

Il programma del Governo si basa sull'assunzione che "la produzione industriale del futuro sarà caratterizzata da una forte individualizzazione del prodotto, da una capacità produttiva altamente flessibile su larga scala, dall'integrazione dei clienti e dei fornitori nei processi aziendali e dalla connessione tra produzione e servizi altamente qualitativi che portano all'ottenimento dei cosiddetti prodotti ibridi" (Schütte, 2012).

Industria 4.0 presuppone un passaggio dalla produzione automatizzata al concetto di produzione intelligente, dove le macchine sono dotate di sensori e capacità decisionale che le rendono smart e nella quale la dimensione fisica e quella virtuale si sviluppano parallelamente. Sarà soddisfare ciascuna richiesta individuale dei clienti uno dei principali valori aggiunti di Industria 4.0, contemplando la possibilità di varianti di prodotto realizzate in quantità limitatissima o, addirittura, singolarmente. La disponibilità di tutte le informazioni rilevanti in tempo reale permetterà ai sistemi produttivi di venire incontro alle richieste dei clienti, riducendo al minimo i tempi e di programmazione dei macchinari e di riconfigurazione (Biral, 2018).

In questo contesto, i sistemi produttivi e logistici smart possono contribuire alla creazione di nuovi modelli di business e a generare il massimo valore per soddisfare la domanda in tempo reale, caratterizzati da migliori capacità predittive e gestionali, nonché di una logistica adattabile alle esigenze (Thoben et al., 2017).

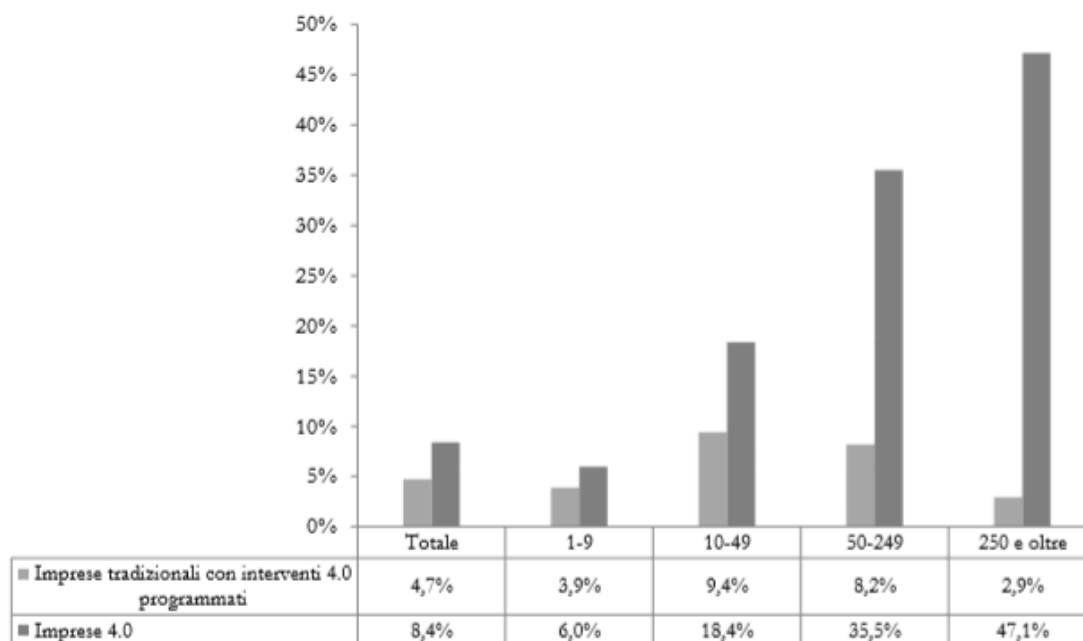
Nel futuro le imprese creeranno un network globale che comprenderà, i sistemi produttivi, i macchinari e la capacità produttiva. Tale sistema, denominato Cyber-Physical System, sarà in grado di connettere il mondo reale e virtuale e comprenderà macchine intelligenti che in autonomia assumeranno decisioni decentralizzate, scambieranno informazioni e si controlleranno reciprocamente. Questo favorirà l'implementazione dei processi industriali in

ambito ingegneristico, produttivo, nell'impiego delle risorse, nella gestione del ciclo di vita del prodotto e nell'approvvigionamento di materie prime. Le prime Smart Factories che stanno nascendo nel panorama industriale utilizzano un approccio alla produzione completamente nuovo. Infatti, gli Smart Products sono connessi con il sistema produttivo, risultano identificabili singolarmente, così come il loro stato corrente e la loro storia. Anche i macchinari sono smart, grazie al sistema informatico di base che permette di avere un collegamento permanente con le sedi produttive e i centri di progettazione e gestione. In questo modo si realizza una rete end-to-end che attribuisce valore al prodotto, consentendone la gestione dal momento in cui l'ordine viene effettuato, fino alla consegna e ai servizi post-vendita (Biral, 2018).

Il CPS (Cyber Physical Systems) inoltre, permette ai sistemi produttivi di interagire reciprocamente, di predisporre configurazioni ad-hoc, di analizzare i dati per prevedere eventuali errori e di adattarsi alle variazioni. Industria 4.0 renderà possibile la raccolta e l'analisi incrociata dei dati dai macchinari, implementando dei sistemi produttivi più rapidi, flessibili ed efficienti, così da ottenere dei prodotti qualitativamente superiori, a costi ridotti. A sua volta, questo consentirà di aumentare la produttività, di promuovere la crescita economica e di modificare la competitività di imprese e regioni (Rüßmann et al., 2015).

Industria 4.0 include una serie di strumenti informatici e tecnologici, quali CPS, Internet of Things, Big Data e Analytics, robotica e automazione, Cloud Computing, Visual Computing, ma ciò che la differenzia dalle precedenti iniziative in questo campo è l'enfasi del fattore umano. Gli umani non saranno sostituiti dall'automazione e dall'intelligenza artificiale all'interno della fabbrica. Le abilità di questi ultimi verranno potenziate dall'implementazione delle tecnologie, grazie alla creazione di specifiche soluzioni personalizzate per area produttiva.

Figura 3. Diffusione delle tecnologie 4.0, dettaglio per classe dimensionale. Valori percentuali.



Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico, 2018

La Figura 3 mostra la diffusione delle tecnologie che caratterizzano il nuovo paradigma dell'Industria 4.0. Se si considera il totale delle industrie italiane, l'8,4% delle imprese utilizza almeno una delle tecnologie considerate. Un ulteriore 4,7% di imprese, anche se non coinvolte attualmente, hanno in programma specifici investimenti nel prossimo triennio. Si può quindi notare come le imprese "tradizionali", ovvero che non utilizzano tecnologie 4.0 e che non hanno in programma interventi futuri, rappresentano l'86,9% della totalità delle aziende. Al crescere delle dimensioni aziendali, la propensione all'adozione di queste tecnologie aumenta in maniera significativa: le imprese 4.0 con più di 10 dipendenti rappresentano il 18,4% del totale delle piccole imprese, le aziende che superano i 50 raggiungono il 35,5% sino ad arrivare al 47,1% delle imprese con almeno 250 addetti. La digitalizzazione dei processi produttivi sembra essere la direzione che accomuna la maggior parte degli obiettivi futuri aziendali (Ministero dello Sviluppo Economico, 2018).

#### **1.4 Piano Nazionale Industria 4.0 e le tecnologie abilitanti fondamentali**

L'imprenditoria diffusa in Italia, la nuova fase di globalizzazione e di cambiamenti tecnologici che stiamo attraversando, hanno portato la politica industriale al centro dell'agenda di Governo. È stato così presentato il Piano Nazionale Industria 4.0, che prevede una serie di interventi volti a favorire gli investimenti per la competitività e l'innovazione. Il

Piano 4.0 è indirizzato a tutte le aziende che vogliono cogliere l'opportunità della Quarta Rivoluzione Industriale per poter crescere.

Il Piano, introdotto nel 2016 e successivamente approvato anche nella Legge di Bilancio 2018 (Gazzetta Ufficiale, 2017), prevede degli investimenti per 13 miliardi di euro da parte del Governo fino al 2020 e di circa 24 miliardi di euro da parte delle imprese.

Sono state dunque ideate delle misure che favoriscano gli investimenti per l'innovazione dell'organizzazione e dei processi aziendali. Si tratta di misure che ogni azienda può attivare senza alcun limite territoriale, settoriale e dimensionale. Il Governo in questo modo cerca di proporre e creare una fiducia reciproca con il mondo delle imprese che hanno l'obiettivo di crescere e innovare (Ministero dello Sviluppo Economico, [http://www.governo.it/sites/governo.it/files/industria\\_40\\_MISE.pdf](http://www.governo.it/sites/governo.it/files/industria_40_MISE.pdf)).

Le misure previste, tutte cumulabili, sono:

- *Iper e superammortamento;*
- *Nuova Sabatini;*
- *Credito d'imposta R&S;*
- *Patent box*
- *Agevolazioni per le startup e le PMI innovative;*
- *Fondo di Garanzia*
- *Ace (aiuto alla crescita economica)*
- *Ires, Iri e contabilità per cassa*
- *Salario di produttività*

Successivamente con la creazione del Piano Nazionale Impresa 4.0, una volta consolidati gli effetti dei precedenti interventi, ne sono stati creati di nuovi nelle aree di maggior interesse e necessità. Le agevolazioni, dunque, riguardano:

- *I contratti di sviluppo*
- *Il credito d'imposta Formazione 4.0*
- *Gli accordi per l'innovazione*
- *Il Fondo per il capitale immateriale, la competitività e la produttività*
- *I Centri di competenza ad alta specializzazione*

Vi sono inoltre una serie di tecnologie appartenenti ad Industria 4.0 che consentono all'azienda di creare la base operativa di un sistema i4.0 e di modificare radicalmente il proprio modello di business.

Le tecnologie abilitanti fondamentali (Key Enable Technologies - KETs) forniscono la base per l'innovazione in una gamma di prodotti in tutti i settori industriali. Esse sono alla base del passaggio a un'economia più verde, sono fondamentali per modernizzare la base industriale dell'Europa e guidano lo sviluppo di industrie completamente nuove. La loro importanza li rende un elemento chiave della politica industriale europea (Commissione Europea, 2018).

Per sviluppare e testare le possibilità metodologiche per il monitoraggio della diffusione delle tecnologie abilitanti fondamentali e per fornire alla Commissione Europea una proposta dettagliata su come istituire un "meccanismo di monitoraggio permanente delle KETs", è stato condotto uno studio di fattibilità attraverso l'adozione di nuovi indicatori e meccanismi di raccolta dati in collaborazione con le piattaforme/iniziative di raccolta dati esistenti e gruppi industriali che studiano il potenziale di diffusione delle KETs. I tre approcci complementari utilizzati per identificare i dati rilevanti delle KETs nelle banche dati esistenti sono: (Van de Velde et al., 2012)

*1) l'approccio alla diffusione tecnologica*

*2) l'approccio per componenti*

*3) l'approccio per la catena del valore*

*4) l'approccio tramite esperti*

Tra i quattro approcci sopra elencati, si vede quale è l'obiettivo principale dell'approccio alla diffusione tecnologica.

Con questo metodo si identificano i settori economici in cui sono attive le organizzazioni di sviluppo e valorizzazione delle KETs. Per poter identificare i settori economici sono stati analizzati i dati relativi ai richiedenti di brevetti sulle KETs poiché l'attività brevettuale è legata alla produzione di nuove tecnologie mentre il settore economico dei richiedenti rappresenta il campo della commercializzazione. In questo modo è possibile ottenere alcune indicazioni sull'importanza di una certa KET per lo sviluppo tecnologico nei diversi settori economici. Allo stesso tempo, fornisce anche informazioni sui settori economici più rilevanti per la produzione e la commercializzazione di una determinata KET, sebbene questi non siano necessariamente i settori di applicazione finale né rappresentino tutti i settori di applicazione. I dati sui brevetti rappresentano un primo passo verso l'attività di diffusione della tecnologia in quanto si riferiscono ad attività inventive che hanno un potenziale di applicazione



commerciale. Questi dati contengono informazioni sui settori tecnologici a cui un brevetto è correlato, sulla base di un sistema di classificazione standardizzato a livello internazionale (classificazione internazionale dei brevetti - International Patent Classification - IPC) (Van de Velde et al., 2012).

La classificazione internazionale dei brevetti (IPC-International Patents Classification) rappresenta il sistema più utilizzato a livello internazionale per i brevetti e i modelli d'utilità. Con l'accordo di Strasburgo nel 1971 sono state suddivise in modo gerarchico le tecnologie brevettuali in otto sezioni (dalla A all'H) distribuite a loro volta in livelli sempre più dettagliati (sottosezioni, classi, sottoclassi, gruppi e sottogruppi) (Ministero dello Sviluppo Economico, <http://www UIBM.gov.it/index.php/brevetti/utilita-brevetti/classificazioni-internazionali-brev>).

Secondo l'analisi effettuata da Unioncamere-Dintec sulla base dei brevetti pubblicati dall'European Patent Office (EPO), i settori in cui si esercita in maggior misura la capacità innovativa di enti, imprese e singoli inventori del nostro Paese sono gli imballaggi e il medicale. Nonostante le forti oscillazioni durante l'ultimo decennio, rimane costante e intorno ai mille brevetti l'anno, il trend delle innovazioni legate alle KETs che rappresentano circa il 29% del totale dei brevetti italiani pubblicati dall'EPO nel 2015. Le classi brevettuali legate alle KETs sono: (Unioncamere, 2017)

- a) *Biotech*
- b) *Fotonica*
- c) *Manifattura avanzata*
- d) *Materiali avanzati*
- e) *Nano/microelettronica*
- f) *Nanotech*

Montresor e Quatraro (2017) nel loro elaborato "Regional Branching and Key Enabling Technologies: Evidence from European Patent Data" analizzano il ruolo delle tecnologie abilitanti fondamentali (KETs) nella ramificazione regionale. Tenendo conto delle proprietà generali di queste tecnologie e facendo riferimento alle teorie dell'innovazione, i due professori sostengono che la conoscenza delle KETs potrebbe attenuare l'effetto che la ramificazione regionale attribuisce alla correlazione tecnologica, dando alle regioni più spazio per le loro strategie di diversificazione tecnologica. Hanno teoricamente identificato e empiricamente dimostrato una serie di caratteristiche delle KETs, che le rendono cruciali nei processi di innovazione alla base dei fenomeni di ramificazione regionale.

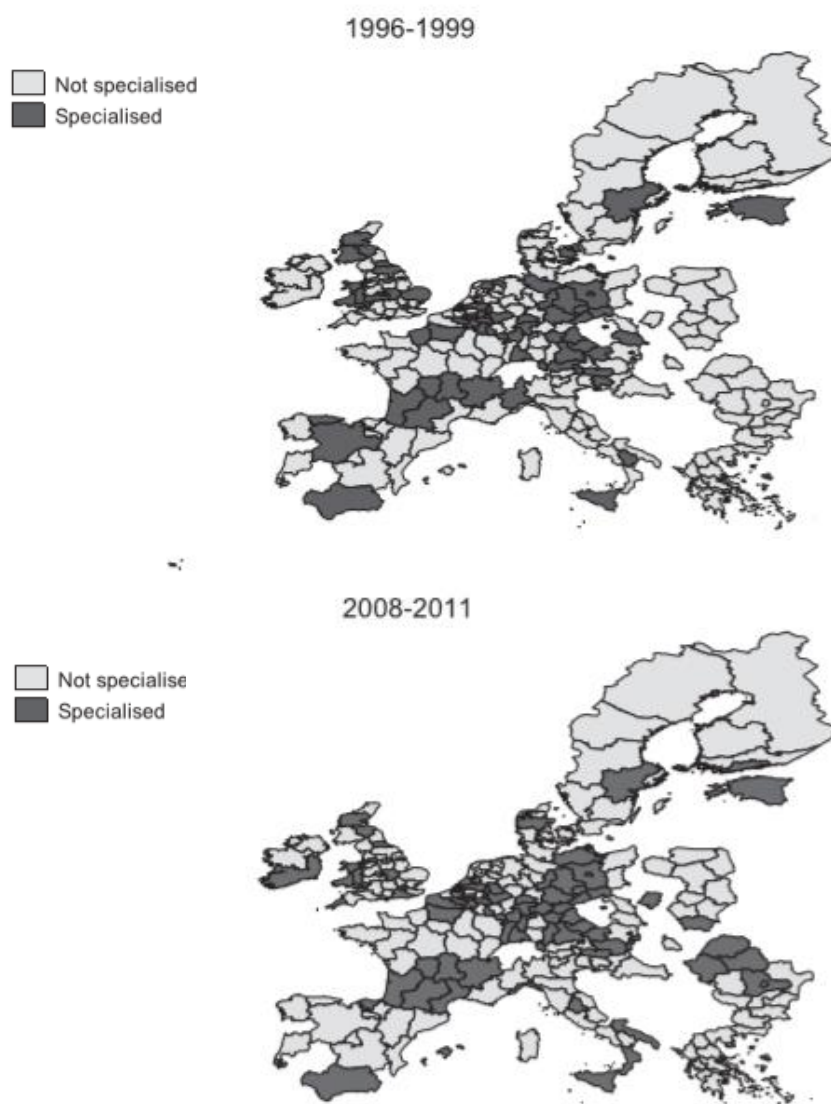
I risultati dimostrano come, indipendentemente dalle loro specificità, le sei classi brevettuali di KETs consentono alle regioni europee di aumentare nel tempo i loro portafogli di nuove tecnologie, confermando il loro ruolo teorico nel fornire alle regioni un ulteriore cuscinetto di capacità di ramificazione a margine esteso. L'acquisizione di nuove tecnologie, pur avendo un effetto negativo se considerata la scarsa correlazione con le tecnologie preesistenti, hanno un impatto notevole sui processi di innovazione delle regioni.

Tuttavia, l'impatto netto che le KETs hanno sulla specializzazione tecnologica regionale è diverso da regione a regione e per questo motivo vengono indicate nell'elaborato quali specificità delle KETs dovranno essere affrontate in una futura ricerca. L'ultimo punto risultante dalla ricerca è che il processo di ramificazione di una certa regione può essere aiutato dalle conoscenze delle KETs sviluppate da quelle più vicine (Montresor e Quattraro, 2017).

Uno studio condotto da Evangelista, Meliciani e Vezzani, esplora la specializzazione delle regioni dell'Unione europea (UE) nelle tecnologie abilitanti fondamentali (KETs) e valuta se la specializzazione in queste aree tecnologiche ha un effetto sulla crescita regionale. I dati presentati dimostrano che, sia a livello nazionale che regionale, le competenze e le capacità (e gli sforzi innovativi volti a ricercare e rafforzare questi fattori competitivi distintivi) non sono distribuiti in modo uniforme e casuale tra tutte le possibili aree tecnologiche, ma tendono invece ad essere relativamente concentrati in aree specifiche (soprattutto nell'Europa centrale). Inoltre, è possibile notare come la concentrazione spaziale aumenti nel tempo, sintomo che la diffusione tecnologica avvenga più facilmente in regioni contigue.

I risultati delle stime econometriche mostrano che la specializzazione nelle KETs incide sulla crescita economica regionale (prodotto interno lordo pro capite) e che tale effetto è più forte nel caso delle regioni meno innovative dell'UE. Nel complesso, questi risultati suggeriscono la natura pervasiva e il ruolo abilitante delle KETs e dimostrano l'importanza per le regioni dell'UE di orientare queste tecnologie come parte delle loro strategie di specializzazione intelligente (Evangelista et al., 2018).

Figura 4. Regioni specializzate nelle KETs: 1996-1999 e 2008-2011



Fonte: Evangelista et al., 2018, p.7

La Figura 4 distingue le regioni europee tra quelle specializzate e quelle non specializzate nelle KETs considerando due differenti archi temporali diversi: la prima immagine è riferita al periodo che va dal 1996 al 1999 mentre la seconda dal 2008 al 2011.

#### 1.4.1 Big Data e Analytics

La raccolta, l'elaborazione e l'analisi di grandi quantità di dati consentono di prevedere e programmare tendenze future, di ottimizzare la qualità della produzione, nonché un risparmio in termini di costi ed energia. Il *data-mining*, pertanto, è uno strumento operativo finalizzato

alla costruzione di un modello predittivo o descrittivo di un grande ammontare di dati, mediante l'estrazione di informazioni utili (Biral, 2018).

In un contesto 4.0 il processo di valutazione di dati provenienti da diverse fonti (macchinari, sistemi produttivi, sistema di controllo e di relazioni con i clienti) diventerà uno strumento standard a supporto dei processi decisionali aziendali in tempo reale. I big data, infatti, possono essere impiegati in diversi ambiti: (Li et al., 2015)

- Gestione dei fornitori: l'analisi dei dati consente di arginare i consueti problemi logistici, coordinando al meglio gli spostamenti e i trasferimenti e rispettando le richieste dei clienti puntualmente;
- Gestione basata sui dati: utilizzo di algoritmi per gestionali per lo scambio di informazioni tra i diversi livelli del management, in qualsiasi zona si trovino le sedi comunicanti;
- Manutenzione: tracciare i dati può divenire utile per creare dei modelli previsionali in grado di individuare le cause degli errori nel processo produttivo e i tempi necessari per gli interventi correttivi;
- Scelte strategiche: le analisi delle performance dell'azienda costituiscono la base per la pianificazione strategica e, inoltre, il sistema è capace di proporre nuovi prodotti o variazioni di quelli esistenti grazie ai dati raccolti, anche da fonti esterne (come i destinatari dei prodotti e/o servizi) (Chen et al., 2015);
- Automazione della ricerca: se è necessario condurre analisi che richiedono sempre lo stesso metodo, dopo un input iniziale il sistema è in grado di eseguire il lavoro in perfetta autonomia;
- Personalizzazione: l'analisi avanzata permette di fornire un servizio personalizzato ad ogni cliente, diventando più competitivi sul mercato;

#### **1.4.2 Internet of Things e controller embedded**

I controller embedded sono dei sistemi di controllo integrati nei macchinari che compongono un sistema produttivo: sono indispensabili per il controllo del suo funzionamento e il collegamento del macchinario alla rete. L'insieme degli apparati così connessi costituisce l'Internet of Things (IoT), ossia il network in cui i molteplici oggetti e utenti coinvolti nei processi aziendali interagiscono (Giusto et al., 2010).

L'IoT si fonda, oltre ai controller embedded, sull'utilizzo di reti wireless ad alta capacità che connettono alla rete qualunque componente fisico. È così possibile non solo la raccolta e la

successiva analisi dei dati, ma anche la configurazione remota di tali dispositivi (Morgan, 2014).

Al fine di implementare un apparato aziendale basato sull'IoT, è fondamentale un sistema di supervisione, la rete e l'integrazione tra i macchinari. In questo modo è possibile attuare il controllo remoto dei mezzi produttivi e applicare delle strategie che ottimizzino la produzione, grazie ai dati raccolti in tempo reale, anche nei sistemi più complessi.

Risulta più semplice la realizzazione di uno stabilimento di questo genere se i macchinari sono già dotati di controller embedded e sensori preinstallati. In questo caso, infatti, è sufficiente un aggiornamento dei mezzi produttivi, che non richiede notevoli investimenti, i quali sarebbero, invece, necessari per la costruzione *ex-novo* degli impianti. Visti i riconosciuti vantaggi nell'implementazione di tali tecnologie, ci si attende che nei prossimi dieci anni, 50 miliardi di dispositivi saranno connessi all'IoT in qualsiasi campo (medico, automobilistico, alimentare, etc.) (Manyka et al., 2015).

### **1.4.3 Cybersecurity**

Molte imprese fanno ancora affidamento su sistemi di gestione e di produzione privi di interconnessione o chiusi. Con la crescente connettività e l'uso di protocolli standard di comunicazione che accompagnano Industria 4.0, si rende sempre più necessaria la protezione dei sistemi industriali e delle linee di produzione dalle minacce virtuali. I danni in cui si può incorrere sono vari: danni alla produzione, alla proprietà intellettuale, alle infrastrutture industriali, alle persone fisiche, di immagine (Biral, 2018).

La cybersecurity si concretizza attraverso varie fasi:

1. Pianificazione: si identificano gli asset da rendere oggetto di protezione, si individuano le possibili minacce e le criticità da monitorare e si crea un piano di gestione dei rischi. In seguito, si mettono in atto i meccanismi di protezione del sistema in modo tale che possano mantenere l'integrità e la confidenzialità, come ad esempio, l'utilizzo di certificati digitali per il controllo degli accessi, la cifratura dei dati o dei canali comunicativi, l'autenticazione mediante riconoscimento biometrico, etc.;
2. Individuazione: grazie agli *Intrusion Detection Systems* (IDS), si rilevano gli eventuali attacchi al sistema o le anomalie nel comportamento dei sistemi;
3. Reazione: questa fase può assumere una duplice configurazione nel caso in cui si decida di ripristinare il sistema per riportarlo alla sua condizione originaria di sicurezza o di eliminare la fonte di rischio (chiusura del canale comunicativo, blocco dell'accesso, rimozione malware).

ECISO (European Cyber Security Organization) e ad ENISA (European Network and Information Security Agency) contribuiscono alla diffusione a livello Europeo della cultura della sicurezza informatica, nonché alla tutela delle imprese, del mercato e dei consumatori. ENISA, ad esempio, ha descritto i vantaggi derivanti dall'affidamento a terzi della gestione del sistema informatico. Il cloud, in primo luogo, permette di godere di un servizio costantemente protetto e aggiornato e di supplire all'assenza di personale dedicato all'interno dell'azienda, nonché di agire con tempestività per neutralizzare la minaccia. In secondo luogo, il cloud offre dei servizi di protezione informatica integrati (ad esempio la cifratura dei dati) (ENISA, 2015).

Per costruire un efficace sistema di cyber security è necessario prestare attenzione a diversi fattori: garantire la cooperazione e l'interconnessione tra le varie componenti informatiche in modo che esse siano parte di un sistema di protezione globale, mantenere l'affidabilità e l'integrità dei dispositivi software e hardware, prevedere un'adeguata formazione del personale. Anche la condivisione delle informazioni sui rischi e sugli incidenti che si verificano in determinati settori industriali può rivelarsi molto utile per la gestione in tempo reale dei cyber attacchi.

In ogni caso, data la scarsa esperienza e l'aleatorietà degli eventi tipiche in questo ambito, potrebbe risultare conveniente dotarsi di cyber insurance, ossia un'apposita assicurazione che trasferisca una parte del rischio informatico su terzi (Assolombarda, 2016).

#### **1.4.4 Cloud computing**

Il Cloud computing comprende una serie di servizi offerti da provider esterni, utilizzabili tramite la connessione alla rete internet. Alcuni esempi sono l'utilizzo di banche dati, i sistemi calcolo ad elevate prestazioni, servizi di backup e di comunicazione. Tramite l'abilitazione in remoto alla rete aziendale, tale servizio può anche essere messo a disposizione dei dipendenti, nonché ai clienti e ai fornitori. Inoltre, questo potrà anche essere usato come collegamento tra le sedi dislocate di una stessa impresa, abbattendo le barriere informative esistenti tra le diverse funzioni aziendali. Con Industria 4.0 le imprese necessiteranno di un efficiente sistema di condivisione di dati, interno ed esterno (Biral, 2018).

Allo stesso tempo, si avrà un miglioramento delle performance dei sistemi in cloud, raggiungendo tempi di reazione della misura di pochi millisecondi. Secondo gli analisti, si sta creando la possibilità non solo per un nuovo modello di business fondato sull'IoS (Internet of Services), nel quale un'infrastruttura offre dei beni e/o servizi tramite la rete internet, ma anche per nuove tecnologie produttive abilitate dal cloud computing (Hermann et al., 2015).

### **1.4.5 Visual Computing, simulazione e realtà aumentata**

La gestione visuale è ormai parte integrante della fase di progettazione e di produzione di un prodotto. Mediante i nuovi mezzi di simulazione 3D, è possibile mettere in atto test dinamici o introdurre delle variazioni di cui poi si valuteranno gli effetti. Il visual computing rappresenta, dunque, uno strumento utile alla pianificazione strategica e della produzione.

Le simulazioni possono anche avere ad oggetto l'implementazione del sistema i4.0 stesso: grazie alle innovative tecnologie di ricostruzione e scansione 3D, è possibile riprodurre in tempo reale il flusso di informazioni necessario al funzionamento dell'azienda e gli ambienti produttivi, così da prevedere realisticamente sia la conversione ad i4.0, sia i risultati ottenibili, ancor prima di iniziare i lavori veri e propri. I modelli virtuali permettono di prevedere i costi da sostenere, senza acquistare alcun macchinario, e di valutare ex-ante tutte le possibili configurazioni dei processi produttivi (Posada et al., 2015).

Il Visual Analytics (un importante campo del Visual Computing), rappresenta un valido supporto allo studio del processo di *Intelligent Decisioning*, nell'ambito dei Big Data. Questa tecnologia crea il legame mancante tra altri strumenti, come Cloud, IoT, Big Data e dispositivi intelligenti. Dato il considerevole quantitativo di informazioni fornite dai moderni macchinari (una singola macchina può avere migliaia di sensori operanti con impulsi di pochi millisecondi, e restituire miliardi di dati in un anno), sono necessarie non solo nuove metodologie di gestione di tali dati, ma anche nuove forme di organizzazione di questi, al fine di renderli interpretabili e costituire un supporto al processo decisionale. Il Visual Analytics può contribuire all'individuazione di schemi, percorsi e modelli, non evidenziati da un'analisi dei dati puramente automatica (data mining). Il Visual Computing invece, è uno strumento che può consentire e potenziare la realizzazione di un sistema industriale 4.0, agendo da elemento collante tra tutte le tecnologie abilitanti utilizzate. Anche se non si tratta di uno strumento necessario per raggiungere tali obiettivi (molte imprese ritengono sufficienti delle soluzioni basate esclusivamente sull'automazione o sull'IoT, che non richiedono il Visual Computing), esso rappresenta un elemento chiave nel panorama futuro dell'innovazione industriale (Biral, 2018).

### **1.4.6 Integrazione Orizzontale e Verticale**

Attualmente, le imprese, i clienti e i fornitori sono raramente connessi, così come accade per i vari reparti che compongono l'azienda (produzione, progettazione, servizi). Industria 4.0 permetterà sia la coesione tra le imprese, le funzioni aziendali e i dipartimenti, sia, grazie all'evoluzione di network universali per l'integrazione dei dati, delle vere e proprie catene del valore automatizzate.

Secondo un recente report di Deloitte, (Young et al., 2016) la convergenza tra IoT e Big Data è alla base per lo sviluppo di i4.0. Tale Cyber Physical Convergence viene rappresentata da un processo circolare: il *data-mining* permette di analizzare i dati raccolti dai dispositivi, la cui interpretazione diventa utile per individuare le azioni da mettere in atto sui dispositivi stessi per la loro configurazione. Questa visione circolare può essere applicata a diversi livelli della struttura aziendale. Nel caso di un singolo processo produttivo, questo approccio permette di monitorare il processo in modo accurato e continuo, adattarlo ed implementarlo alle variazioni intervenute nel contesto esterno. Se lo estendiamo invece, a vari reparti di una stessa azienda, otteniamo un'integrazione verticale che contribuisce al miglioramento delle prestazioni aziendali. Infine, per una perfetta integrazione orizzontale, sarebbe necessario che tecnologie di questo genere fossero adottate anche da altre imprese esterne, il quale faciliterebbe la cooperazione tra filiere e l'individuazione di partner che altrimenti sarebbe impossibile ottenere. In una più ampia visione, il coinvolgimento dei clienti in tale processo circolare, in particolare per quanto riguarda le preferenze dei clienti stessi e le informazioni sull'utilizzo dei prodotti, permetterebbe lo sviluppo di nuovi modelli di business orientati all'offerta di servizi ad alto valore aggiunto e personalizzato (Assolombarda, 2016).

#### **1.4.7 Robotica e Automazione Avanzata**

La robotica da decenni ormai, viene ampiamente utilizzata nel settore industriale, ma, mai come negli ultimi anni, i robot sono protagonisti di una straordinaria evoluzione in termini di flessibilità, autonomia e cooperazione. Essi saranno in grado di interagire reciprocamente, di operare al fianco degli umani e di imparare da loro. Ricerca e progresso in campo ingegneristico porteranno i robot ad un costo sempre più ridotto e ad un ampio range di abilità rispetto a quelli impiegati al giorno d'oggi.

La completa automazione degli impianti, data la poca flessibilità ottenuta con le precedenti iniziative in questo senso, non è più l'attuale obiettivo, bensì la creazione di robot smart che affianchino gli operatori, che rappresentino un effettivo mezzo di sostegno per il lavoro di tali operatori e che abbiano una capacità di adattamento in tempo reale. Così facendo è possibile combinare la flessibilità tipica del lavoro umano alla precisione delle macchine (Richert et al., 2016).

La ricerca verte sul riconoscimento delle caratteristiche di cui i robot necessitano per riuscire a cooperare con l'operatore durante lo svolgimento delle mansioni lavorative: sicurezza e flessibilità sono al primo posto. La collaborazione tra umano e macchinario avviene mediante interfacce di interazione gestuale e vocale. Dotarsi di un CPS in grado di comprendere la



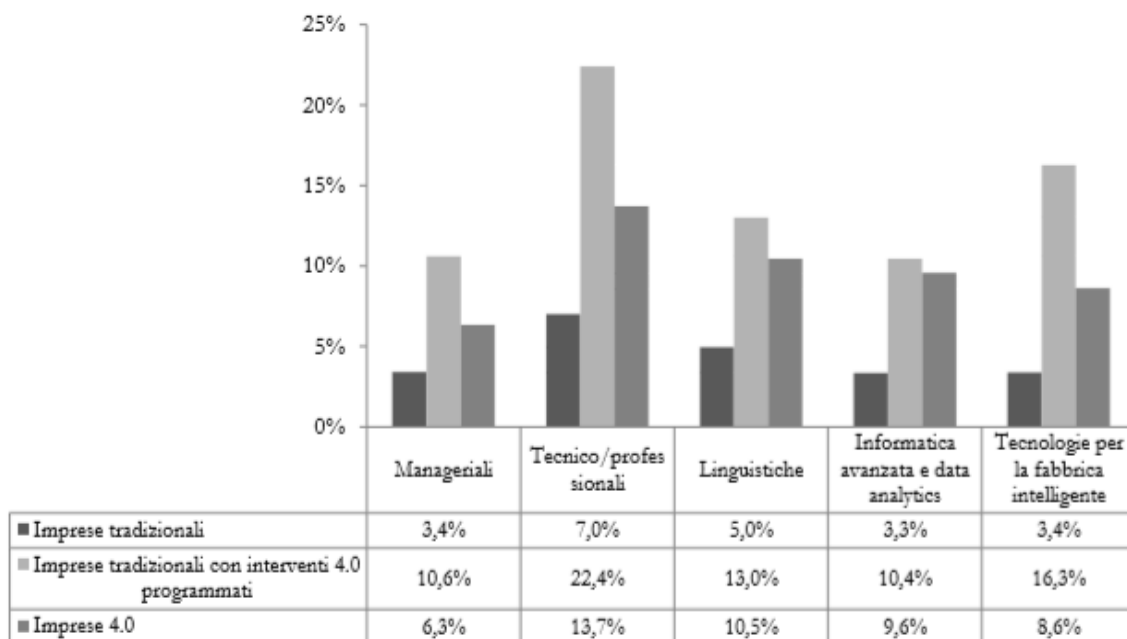
posizione, la situazione operativa dei robot e l'ambiente circostante, diventa fondamentale per ottenere un alto livello di sicurezza per l'operatore (Thoben et al., 2017).

### **1.5 Criticità nella realizzazione di un sistema 4.0**

L'evoluzione tecnologica ha portato sicuramente numerosi vantaggi rendendo il settore industriale il principale protagonista ma nonostante ciò non mancano le problematiche relative all'implementazione di un sistema i4.0. Entità aziendali eterogenee formano l'economia globale: quando imprese con strutture organizzative o linee di produzione differenti scelgono di collaborare, l'interoperabilità è un elemento chiave da considerare se si intende realizzare un modello di business smart. In questo senso, però, non è sufficiente predisporre un'integrazione unica e univoca, ma, piuttosto, adottare degli standard comuni facilmente rispettabili.

La crescente disponibilità di piattaforme di archiviazione dei dati (cloud) sempre più performanti e sensori a costo sempre più ridotto, porta inevitabilmente ad un progressivo aumento della quantità dei dati grezzi derivanti dai macchinari. Le implicazioni possono essere varie: difficoltà nel gestire la varietà e la complessità dei dati, garantirne l'affidabilità e la qualità affinché questi non minino l'intero sistema di monitoraggio e ottimizzazione delle funzioni. La sicurezza dei dati deve essere una priorità per qualsiasi impresa. I servizi in cloud presentano sempre maggiori funzionalità in termini di accesso ai dati in remoto. Tuttavia, questo espone l'impresa a diversi rischi, come il sabotaggio del processo produttivo, l'accesso non autorizzato da parte di terzi ai dati stessi o alla loro modalità di analisi con relativa perdita del vantaggio competitivo (Biral, 2018).

Figura 5. Percentuale di imprese che presentano criticità non superate nella disponibilità di competenze del proprio personale



Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico, 2018

Ulteriore criticità è la disponibilità di competenze del personale all'interno dell'azienda. Si osservi la Figura n.4; in una prima analisi si potrebbe definire che le imprese "tradizionali" presentano una minore quantità di problematiche ancora non risolte. Si tratta però di una debolezza a livello strutturale che vede le aziende incapaci di identificare le diverse criticità e i conseguenti interventi per la loro risoluzione. La presenza maggiore di carenze ancora irrisolte, si identifica con le imprese che ancora non hanno implementato tecnologie 4.0 ma che lo hanno pianificato nel futuro. Queste mancanze si riscontrano a livello manageriale nel 10,6% dei soggetti arrivando al 16,3% in riferimento all'implementazione delle tecnologie 4.0 (Ministero dello Sviluppo Economico, 2018).

Il superamento di queste carenze viene superato da acquisizioni di servizi all'esterno e da interventi di formazione del capitale umano. Queste due diverse soluzioni emergono da una sostanziale differenza: le imprese di elevate dimensioni ricorrono prevalentemente a nuove assunzioni e a formazione del personale, mentre le piccole imprese si appoggiano a collaborazioni esterne e all'acquisto di servizi, oltre che alla formazione. Per le microimprese queste criticità assumono una certa rilevanza poiché circa un terzo di queste aziende non riesce in alcun modo ad organizzare azioni volte al superamento di tali problematiche (Ministero dello Sviluppo Economico, 2018).

Una aggiuntiva e rilevante problematica riguarda la portata dell'investimento iniziale per la realizzazione di una fabbrica smart. Infatti, soprattutto per quanto riguarda le PMI e gli effetti delle collaborazioni in mercati complessi e dinamici, le ricerche correnti non sono ancora sufficienti né per stabilire l'effettività del miglioramento dei processi e dell'organizzazione aziendale né per l'individuazione del break-even point nella fase decisionale, e nemmeno per il calcolo del ROI (Return On Investments). In altre parole, l'esperienza in questo ambito è ancora molto scarsa e non basta per costruire dei modelli di business solidi e certi.

### **1.6 Benefici nell'implementazione di Industria 4.0**

Obiettivo principale di Industria 4.0 è il potenziamento della produzione, nonché di tutti i servizi ad essa connessi (ad esempio la logistica), in termini di maggiore efficienza, velocità e attenzione per il cliente e, allo stesso tempo, di ricerca di modelli di business e nuove opportunità (Zhou et al., 2015).

Il miglioramento dell'attività produttiva si concretizza in aumento dei profitti, risparmio dei costi, riduzione degli sprechi, digitalizzazione dei documenti, prevenzione automatica di ritardi e errori, capacità di intervento immediato in caso di problematiche di produzione e maggiore velocità di azione grazie ad una visione in tempo reale. Industria 4.0 comprende l'intero ciclo di vita dei prodotti; se si guardano l'intera catena del valore e l'attività produttiva, sono molti i portatori di interessi coinvolti. Si tratta dei clienti, che desiderano dei prodotti con rapidità e di qualità, che hanno aspettative sempre più alte per quanto riguarda i servizi e che esigono qualità ed esattezza delle tempistiche previste per la produzione e la consegna dei beni. Allo stesso tempo, i consumatori desiderano l'interazione diretta con l'impresa, tramite piattaforme digitali di personalizzazione dei prodotti, possibilità di co-progettare i prodotti e minor intermediazione tra produzione e spedizione. La digitalizzazione dell'impresa permette di raggiungere elevati standard di velocità nella gestione dei dati in tempo reale e, pertanto, di rispondere al meglio alle esigenze dei clienti, nonché di sfruttare il valore aggiunto creato come vantaggio competitivo (Biral, 2018).

La connessione degli asset alla rete fa sì che questi possano essere monitorati costantemente, e che le eventuali problematiche vengano affrontate prima ancora che si verifichino (ad esempio programmando dei campanelli d'allarme), anche a distanza. Inoltre, per definire ulteriori schemi di monitoraggio e analisi, la manutenzione di aree in cui si verificano più spesso errori risulta di grande utilità, contribuendo anche all'ottimizzazione dell'intero sistema (Sniderman et al., <https://www2.deloitte.com/>).

Un altro degli obiettivi di Industria 4.0 è certamente la salvaguardia dell'aspetto ambientale, sociale ed umano. Attraverso le nuove tecnologie è possibile modificare e controllare le

condizioni di lavoro degli operatori (blocco dei macchinari in situazioni di emergenza, rilevazione di sostanze nocive, temperatura e umidità nello stabilimento), nonché agevolare le mansioni con postazioni più ergonomiche, rendendo più semplice la comunicazione e la collaborazione con altre aree. La digitalizzazione dell'impresa, pertanto, assicura rapidità dei processi e maggiore flessibilità, lo sviluppo di nuove abilità, una migliore capacità di adattamento alle variazioni del mercato e la creazione di nuove fonti di reddito ed ecosistemi.

## CAPITOLO 2

### L'innovazione tecnologica nella crescita economica, dal passato al futuro

#### 2.1 Innovazione tecnologica secondo il pensiero classico e neoclassico

Il dibattito tra occupazione e innovazione era considerato un tema di rilevante importanza già nel periodo classico. Il cambiamento tecnologico è uno stimolo necessario per una crescita economica ma allo stesso tempo una fonte essenziale per l'incremento della produttività (del lavoro). Senza alcun dubbio, l'innovazione tecnologica è il motore della dinamica della produttività; ad un dato livello di produzione, la tecnologia esercita un effetto di *labour-saving* all'interno del sistema economico. Questo però non è l'unica conseguenza, infatti, il cambiamento tecnologico causa anche degli effetti indiretti sulla struttura produttiva, aumentando in questo modo la produzione. Questi effetti possono controbilanciare lo spiazzamento iniziale causato dalla tecnologia e nella letteratura classica vengono definiti come "meccanismi di compensazione" (Vivarelli e Gatti, 2014).

Molti sono gli economisti che hanno espresso il loro giudizio sulla validità ed efficacia di questi effetti compensatori. Da una parte c'è chi ha riposto una certa fiducia nei riguardi del loro funzionamento, come Layard, Nickel e Jackman (Layard, Nickel, Jackman, 1991,1994), dall'altra ci sono i teorici della *jobless growth*, quali Gorz, Aznar e Rifkin (Gorz, 1989; Aznar, 1993; Rifkin 1995) che si contraddistinguono per la loro visione pessimistica.

Studiosi come Freeman, Clark e Soete, si esprimono così, riguardo le tendenze *labour-saving* riscontrate dall' "ondata tecnologica": «*The "compensation effects", which may mitigate these tendencies, operate only imperfectly and often with long delays*» (Freeman et al, 1982).

La prima rivoluzione industriale si portò con sé l'insorgere del fenomeno della disoccupazione di massa, con percentuali elevate nelle agglomerazioni urbane (si consideri il vagabondaggio e le *working houses*) e in alcune aree geografiche, come i distretti del Lancashire.

Il pensiero di Marx condannava la meccanizzazione delle attività produttive, che segnarono il passaggio dalla manifattura all'industria, come la causa del crescere della disoccupazione. I primi anni del XIX secolo in Inghilterra, furono caratterizzati dalla rivolta proletaria che prende il nome di Luddismo, da Ned Ludd, che guidò gli operai insoddisfatti e disoccupati verso la distruzione delle macchine industriali e delle trebbiatrici (Vivarelli e Gatti, 2014).

La prospettiva marxiana dunque, considera il progresso tecnologico come volutamente guidato dai capitalisti per aumentare la disoccupazione, come mezzo di controllo sulla forza lavoro (Calvino e Virgillito, 2018).

Successivamente, la visione neoclassica diffuse l'idea dell'esistenza di un meccanismo di auto-equilibrio basato sulla Legge di Say. Insieme all'ottica dell'equilibrio generale, il principio della sostituzione dei fattori divenne uno dei pilastri principali dell'analisi economica. Secondo questo principio, è possibile raggiungere la più proficua combinazione di lavoro e capitale dati prezzi correnti. Secondo i meccanismi di riequilibrio del mercato, la sovrapproduzione e la disoccupazione sono teoricamente escluse e l'innovazione tecnologica può semplicemente portare alla distruzione temporanea del lavoro. Questo possibile disallineamento non è dovuto alla mancanza di opportunità di lavoro, schiacciato dal progresso tecnico, ma alla mancanza di un salario che si equilibri al ribasso, in grado di soddisfare la ridotta domanda di lavoro (Calvino e Virgillito, 2018).

Keynes nel suo libro "The General Theory of Employment, Interest, and Money" definisce la sua come una teoria generale. In questo libro Keynes si occupa principalmente del comportamento del sistema economico nel suo complesso, con i redditi aggregati, i profitti aggregati, la produzione aggregata, l'occupazione aggregata, gli investimenti aggregati, il risparmio aggregato piuttosto che con i redditi, i profitti, la produzione, l'occupazione, gli investimenti e il risparmio di particolari industrie, imprese o individui. Keynes sostiene dunque che i postulati della teoria classica sono applicabili solo ad un caso particolare e non estesi come conclusione generale per l'intero sistema economico (Keynes, 1936).

Nella Teoria Generale, la disoccupazione è un fenomeno tutt'altro che temporaneo e non può essere "risolto" all'interno del mercato del lavoro. Durante la fase di recessione, il basso livello della domanda aggregata comporterà la mancanza di investimenti privati, a causa delle aspettative negative sui profitti futuri. Per rilanciare l'economia verso una fase di ripresa, la domanda aggregata deve essere stimolata, ristabilendo un periodo di aspettative positive di investimento: maggiori investimenti si tradurranno in una maggiore domanda di lavoro, riducendo così la disoccupazione. Tuttavia, Keynes presta una limitata attenzione al progresso tecnico e all'introduzione di tecnologie per il risparmio di lavoro. Infatti, nel contesto dei boom economici guidati dagli investimenti, l'innovazione non viene ritratta come motore dell'attività d'investimento (Calvino e Virgillito, 2018).

Di diverso pensiero ed interpretazione è l'economista austriaco Joseph Alois Schumpeter che nelle sue principali opere, tra cui "Teoria dello sviluppo economico", dà all'innovazione tecnologica un ruolo fondamentale nella modulazione delle dinamiche economiche. L'interazione di elementi come il ciclo di vita del prodotto, l'imitazione e la diffusione, determina l'emergere di cicli temporali dove periodi di crescita, dovuti dal lancio e alla diffusione di nuovi prodotti, si alternano con periodi di saturazione del mercato. Si evince che la disoccupazione cresce come risultato dell'innovazione tecnologica, la cui diffusione

richiede molto tempo e colpisce in modo asimmetrico i diversi settori. L'innovazione è vista come un processo doloroso, che distrugge creativamente il vecchio e apre la strada al nuovo (Calvino e Virgillito, 2018).

Schumpeter fu uno tra gli ultimi economisti che riprese gli schemi teorici dei grandi classici. Il predominio dell'analisi statica neoclassica enfatizzò la sua opera "Teoria dello sviluppo economico" del 1912 che risultò più originale di quanto fosse, sembrando per molti economisti addirittura strana ed eccentrica.

Successivamente al pensiero classico e neoclassico, si arriva alla più recente economia moderna dove il pensiero si unificò in un'unica idea: i mutamenti tecnologici costituiscono la sorgente principale dello sviluppo economico. La maggior parte di questi cambiamenti sono considerati dagli economisti classici parte di un processo esogeno, che influisce sulla vita economica dall'esterno. Secondo Paolo Sylos Labini, questo punto di vista non è corretto: pur riconoscendo che le invenzioni tecnologiche possono aver luogo in modo autonomo, come risultato del caso o seguendo la logica di un certo sviluppo scientifico, egli ritiene che la maggior parte delle innovazioni tecnologiche sono provocate da stimoli economici e che la loro presa dipenda da determinate condizioni economiche. Principalmente sono dipesi dall'espansione della cosiddetta "ampiezza di mercato" che rappresenta la condizione generale dei mutamenti tecnologici. Quest'ultimi, come sottolinea Sylos-Labini, consistono in innovazioni nei processi produttivi e nei prodotti (Sylos-Labini, 1981).

## **2.2 L'effetto spostamento e i meccanismi di compensazione**

L'effetto spostamento, ovvero la sostituzione di lavoro manuale con quello meccanizzato, non implica che l'automazione ridurrà automaticamente la domanda di manodopera e di conseguenza il tasso generale di occupazione. Infatti, nel corso della storia, ci sono stati diversi periodi in cui l'automazione è stata accompagnata da un'espansione della domanda di lavoro e da salari ancora più elevati.

Si vede nei prossimi sotto paragrafi quali sono i principali fattori di compensazione dello squilibrio iniziale creato dall'effetto spostamento e quali le complicazioni che possono presentarsi durante il processo di automatizzazione.

### **2.2.1 Meccanismi di compensazione Classico-Neoclassici e Keynesiano-Schumpeteriani**

Riprendendo la letteratura analizzata nel Paragrafo 2.1, si distingue tra meccanismi Classico-Neoclassici e Keynesiano-Schumpeteriani per poter esaminare i canali alternativi che bilanciano gli effetti del cambiamento tecnico sull'occupazione.

I meccanismi di compensazione Classico-Neoclassici possono essere classificati come segue:  
(Calvino e Virgillito, 2018)

- *Nuove macchine*: come risultato del progresso tecnico, vengono introdotte nuove macchine, eventualmente dislocando la manodopera impiegata. L'effetto "trasferimento settoriale" dei lavoratori dall'industria utilizzatrice della macchina verso quella produttrice della stessa, controbilancia l'effetto negativo iniziale sull'occupazione. Per poter essere conveniente, la quantità di lavoro che deve essere sostituito dalle nuove macchine, deve essere maggiore di quello impiegato per la produzione.
- *Diminuzione dei prezzi*: l'aumento della produttività dovuto all'introduzione di nuove tecnologie comporta una riduzione dei costi di produzione. Questo effetto nei mercati competitivi induce una successiva riduzione dei prezzi. I prezzi più bassi dovrebbero tradursi in una domanda più elevata e quindi in un aumento dell'occupazione.
- *Diminuzione dei salari*: lo spostamento della forza lavoro porta ad un eccesso di offerta di lavoro, e quindi ad una riduzione dei salari reali. Tale ridimensionamento salariale garantisce il riequilibrio secondo la visione più classica, per la quale la flessibilità del mercato è considerata il rimedio a qualsiasi problema occupazionale (Vivarelli e Gatti, 2014).
- *Nuovi investimenti*: gli extra-profitti accumulati nel divario temporale tra la diminuzione dei costi di produzione e la successiva diminuzione dei prezzi possono essere investiti dagli imprenditori in capitale fisico, espandendo la capacità produttiva e quindi la domanda di lavoro.

I meccanismi Keynesiano-Schumpeteriani possono, invece, essere classificati in:

- *Aumento dei redditi*: ogni volta che i lavoratori sono in grado di ottenere una maggior resa dovuta dall'aumento della produttività, il progresso tecnico può portare maggiori profitti e quindi ad un aumento dei salari e dei consumi o a nuovi investimenti. Questo fenomeno si traduce in un aumento dell'occupazione che compensa lo spostamento iniziale del lavoro.
- *Nuovi prodotti*: l'introduzione di nuovi rami produttivi e prodotti può stimolare il consumo che di riflesso si traduce in una maggiore domanda e un successivo aumento dell'occupazione. Nella tradizionale distinzione Schumpeteriana tra innovazione di



prodotto e di processo, la prima è riconosciuta come favorevole al lavoro, mentre la seconda come generatore di spostamento di manodopera. Ad ogni modo, per compensare l'effetto spostamento, i nuovi prodotti non devono sostituire esclusivamente quelli obsoleti. A questo proposito, a livello d'impresa, i nuovi prodotti possono cannibalizzare le vendite dei vecchi prodotti, con effetti netti ambigui. Inoltre, a livello industriale, gli innovatori di prodotto possono far fronte ad un aumento della domanda attraverso l'espansione del mercato, in quanto il nuovo prodotto potrebbe soddisfare le esigenze dei consumatori precedentemente insoddisfatte. Questo effetto è positivo per l'occupazione. D'altra parte, gli innovatori di prodotto possono erodere le quote di mercato dei non innovatori attraverso il cosiddetto effetto "business stealing", poiché i vecchi prodotti diventano obsoleti. Infine, non si deve dimenticare che i nuovi prodotti possono essere creati in modo più efficace, a causa della complementarità esistente tra le strategie di innovazione di prodotto e di processo (Calvino e Virgillito, 2018).

Si evince come, secondo i pensieri Classico-Neoclassici e Keynesiano-Schumpeteriani, l'iniziale disagio economico creato dal dislocamento di manodopera dalle precedenti mansioni sia compensato da alcuni meccanismi che agiscono in modo positivo riportando ad uno stato di equilibrio il tasso occupazionale.

### **2.2.2 Relazione tra automazione e innovazione orizzontale**

Gli ultimi 40 anni, in particolare, hanno visto drastici cambiamenti nella distribuzione del reddito, con l'aumento del premio salariale per le competenze (skill premium), la stagnazione dei salari dei lavoratori poco qualificati e, più recentemente, una fase di polarizzazione salariale. Negli Stati Uniti, i salari reali e la maggior parte delle professioni a bassa qualifica, hanno registrato un calo significativo, ad eccezione di quelle relative al settore dei servizi. Proprio in questo settore infatti, tra il 1980 e il 2005, si è registrato un aumento delle ore lavorate da parte dei lavoratori non diplomati al college. Questo esempio dimostra quanto sia stato importante il fenomeno della polarizzazione salariale negli Stati Uniti degli ultimi vent'anni. Autor e Dorn (2013) a tal proposito, studiano come i lavoratori a bassa qualifica siano stati riassegnati a mansioni nei servizi, difficilmente automatizzabili, a causa della recente informatizzazione dei compiti di routine e al ribasso del prezzo tecnologico. Hanno dunque dimostrato come, nonostante la tendenza al ribasso dell'occupazione e dei salari per i lavoratori non qualificati, il settore dei servizi abbia rilevato comunque un aumento sia dei posti di lavoro disponibili che dei salari medi degli stessi.

Questi fenomeni sono spesso attribuiti a cambiamenti tecnici legati alle competenze: consentendo l'uso delle macchine in alcuni compiti, l'automazione aumenta la produzione economica, ma allo stesso tempo riduce anche la domanda di alcune tipologie di lavoro, in particolare di manodopera poco qualificata. Poiché la gamma di compiti che le macchine possono svolgere si è notevolmente ampliata, il grande pubblico è sempre più preoccupato per le conseguenze negative del progresso tecnologico. Tuttavia, gli economisti spesso sostengono che lo sviluppo tecnologico crea anche nuovi prodotti e compiti, che stimolano la domanda di lavoro; e certamente molti dei posti di lavoro di oggi non esistevano solo pochi decenni fa (Hémous e Olsen, 2016).

Hémous e Olsen (2016) nella loro opera “The Rise of the Machines: Automation, Horizontal Innovation and Income Inequality” considerano un modello di crescita di innovazione orizzontale, con lavoratori poco e altamente qualificati, la cui domanda da parte delle imprese dipende parzialmente dalla creazione di nuovi prodotti. L'automazione in questo contesto, consente di sostituire i lavoratori poco qualificati con macchine di produzione. All'interno di un'impresa, l'automazione aumenta la domanda di lavoratori altamente qualificati, ma riduce la domanda di lavoratori poco qualificati. Nell'articolo sopracitato i due economisti hanno dimostrato che in un tale contesto l'economia intraprenderà un break strutturale. I loro risultati possono essere visibili suddividendoli in tre fasi:

- a) Una fase iniziale dove sono presenti disuguaglianze di reddito stabili e quote di fattori stabili;
- b) Dopo la fase iniziale, l'automazione riparte, il premio per le competenze aumenta, i salari dei lavoratori poco qualificati ristagnano e forse diminuiscono, la quota di lavoro diminuisce - tutto in linea con l'esperienza statunitense degli ultimi 50 anni - e la crescita inizia a dipendere sempre più dall'automazione;
- c) In una terza fase, la quota di prodotti automatizzati si stabilizza, ma l'economia è ancora caratterizzata da un costante spostamento dell'occupazione a bassa qualifica da imprese automatizzate di recente a imprese non ancora automatizzate.

Se i compiti svolti da un fattore scarso (ad esempio il lavoro) possono essere potenzialmente automatizzati, ma al momento non è proficuo farlo, allora, in un'economia in crescita, il ritorno a questo fattore potrebbe aumentare sufficientemente da renderlo proficuo (Hémous e Olsen, 2016).

### 2.2.3 Effetti positivi sulla domanda di lavoro

Secondo il modello economico di Acemoglu e Restrepo (2018), viene enfatizzato l'effetto spostamento che l'automazione crea quando le macchine e l'intelligenza artificiale sostituiscono il "lavoro" nelle attività che svolgeva in precedenza. Questo effetto spostamento tende a ridurre l'occupazione e la domanda di lavoro e salari ma, è contrastato da alcuni effetti che aumentano la domanda di manodopera in attività non automatizzate.

Vi sono infatti, una serie di ragioni per cui l'automazione ha anche un impatto positivo sulla domanda di lavoro:

1. Effetto produttività: Riducendo il costo di produzione di un sottoinsieme di mansioni, l'automazione aumenta la domanda di manodopera nei compiti non automatizzati (Autor, 2015).

In particolare, l'automazione porta alla sostituzione del lavoro con il capitale perché il capitale svolge alcune attività a costi inferiori rispetto a quanto possa la manodopera. Questo riduce i prezzi dei beni e dei servizi, i cui processi produttivi sono in fase di automazione, rendendo le famiglie effettivamente più ricche e aumentando la domanda di tutti i beni e servizi. L'effetto produttività porta anche a redditi reali più elevati e quindi ad una maggiore domanda per tutti i prodotti, compresi quelli che non sperimentano l'automazione. La maggiore richiesta di manodopera da parte di altre industrie potrebbe quindi contrastare l'effetto spostamento negativo dell'automazione. Risulta dunque implicito che il vero pericolo per il lavoro potrebbe non derivare da tecnologie di automazione altamente produttive ma da tecnologie di automazione che non sono sufficientemente produttive per ottenere una potente effetto produttività.

2. Accumulo di capitale: l'automazione corrisponde ad un aumento dell'intensità di capitale della produzione. L'elevata domanda di capitale innesca un ulteriore accumulo di capitale (ad esempio, aumentando il tasso di rendimento del capitale). L'accumulo di capitale aumenta quindi la domanda di lavoro qualificato. Questo potrebbe essere stato un importante canale di aggiustamento dell'economia britannica durante la Rivoluzione Industriale e dell'economia americana nella prima metà del XX secolo di fronte alla meccanizzazione dell'agricoltura, perché in entrambi i casi c'è stata una rapida accumulazione di capitale.

3. Intensificazione dell'automazione: essendo l'effetto spostamento creato da una forte automazione è possibile dire che l'espansione delle mansioni possono essere create dal capitale. Ma se i miglioramenti tecnologici dovessero aumentare la produttività del capitale in

compiti che sono già stati automatizzati, cosa succederebbe? In questo caso non si verificherebbe un ulteriore effetto spostamento poiché il lavoro in queste mansioni è già stato precedentemente sostituito dal capitale. Ad ogni modo, pur in mancanza di un effetto spostamento, sarà possibile riscontrare un aumento della produttività (effetto produttività) e l'aumento successivo della domanda di lavoro. Ci si riferisce a questi miglioramenti derivanti dai progressi della tecnologia come intensificazione dell'automazione, definita anche automazione ad intensa marginalità perché sta intensificando l'uso produttivo delle macchine. Un esempio, che chiarisce come l'intensificazione dell'automazione abbia aumentato la produttività senza creare nuove opportunità lavorative, può essere dato dai grandi miglioramenti nell'efficienza delle macchine a controllo numerico. Queste macchine sostituirono quelle precedenti per lo svolgimento delle stesse funzioni andando così a ridurre drasticamente l'effetto spostamento aggiuntivo previsto dall'innovazione tecnologica. Nonostante ciò, questo passaggio tecnologico ha portato ad un aumento della produttività dei macchinisti, degli operatori e di altri lavoratori del settore (Groover, 1983).

Le tre forze contrapposte qui elencate sono fondamentali per capire perché le implicazioni dell'automazione sono molto più ricche di quanto l'effetto spostamento potrebbe suggerire, e perché l'automazione non deve essere obbligatoriamente una forza negativa per i lavoratori. Tuttavia, c'è un aspetto dell'effetto spostamento che difficilmente potrà essere annullato da una qualsiasi di queste tre forze contrapposte: l'automazione rende necessariamente il processo produttivo più intensivo nell'impiego di capitale e tende ad aumentare la produttività più del salario, riducendo di conseguenza la quota di lavoro nel reddito nazionale. Se così fosse, avremmo dovuto assistere ad un processo di crescita abbastanza sbilanciato con la quota di lavoro nel reddito nazionale in costante diminuzione dall'inizio della Rivoluzione Industriale (Acemoglu e Restrepo, 2018).

Sappiamo però, dalla storia della tecnologia e dello sviluppo industriale che, nonostante le numerose ondate di rapida automazione, il processo di crescita è stato più o meno equilibrato, senza una secolare tendenza al ribasso della quota del lavoro nel reddito nazionale. Spesso i periodi di automazione intensiva hanno coinciso con l'emergere di nuovi posti di lavoro, attività, industrie e compiti. Nella Gran Bretagna del XIX secolo, ad esempio, c'è stata una rapida espansione di varie nuove industrie e posti di lavoro che vanno da ingegneri, macchinisti, riparatori, conduttori, lavoratori e dirigenti coinvolti nell'introduzione e nel funzionamento delle nuove tecnologie.

In America, all'inizio del XX secolo, la meccanizzazione dell'agricoltura ha coinciso con un forte aumento dell'occupazione nelle nuove industrie e nei posti di lavoro nelle fabbriche (Kuznets, 1966).

Acemoglu e Restrepo (2018) hanno spiegato, attraverso il loro modello, come il progresso tecnologico abbia creato nuovi posti di lavoro qualificati, così da bilanciare l'effetto spostamento generato dall'automazione e rendere la crescita più equilibrata. Si può dunque pensare alla nascita di nuovi ruoli come un effetto reinserimento della forza lavorativa. Questo effetto porta inevitabilmente ad un aumento della domanda di lavoro qualificata.

Cords e Prettner (2019) hanno studiato gli effetti che l'introduzione di nuovo capitale, per incrementare l'automazione dei processi produttivi, causa sull'occupazione dei lavoratori a bassa ed alta qualifica. I risultati dimostrano come l'accumulo di capitale, da una parte, aumenti la tenuta del mercato del lavoro per i lavoratori altamente qualificati (aumento del salario medio) e, dall'altra, ne diminuisca la tenuta per i lavoratori scarsamente qualificati (diminuzione del salario medio).

Calibrando il loro modello con dati tedeschi, mostrano che l'utilizzo di un'ulteriore robot industriale provochi la sostituzione di 1,66 posti di lavoro a bassa qualifica ma allo stesso tempo ne crei 3,42 di nuovi per i lavoratori specializzati (Cords e Prettner, 2019).

Concludono quindi che l'occupazione nel complessivo aumenta e che la sua possibile diminuzione può essere dovuta da una disoccupazione volontaria se i salari dei lavoratori scarsamente qualificati ristagnano sulla scia dell'automazione, oppure da una disoccupazione involontaria se gli stessi lavoratori non qualificati non riconoscano la correttezza del loro basso salario e di conseguenza reagiscono con sforzi minori.

### **2.3 Limitazioni agli effetti compensativi e cause di rallentamento del processo di adattamento**

Purtroppo, l'efficacia dei meccanismi di compensazione è tutt'altro che deterministica: molti aspetti economici si intrecciano, minando la possibilità di qualsiasi previsione ex ante. È quindi necessario considerare una serie di possibili limitazioni.

Per quanto riguarda l'introduzione di nuove macchine, nulla impedisce alla meccanizzazione di muoversi da un settore all'altro. Il cambiamento strutturale dall'agricoltura all'industria manifatturiera, e da quest'ultima ai servizi, è un chiaro esempio della diffusione del cambiamento tecnico tra i settori. Anche se l'orientamento del tasso di assorbimento della forza lavoro si è spostato dai primi due settori verso il terzo, oggi parte del settore dei servizi vive un'esperienza di forte riduzione della domanda di manodopera. Se l'introduzione di nuove macchine si limita a sostituire quelle obsolete, non vi sarà alcuna compensazione.

Il meccanismo di compensazione attraverso una diminuzione dei prezzi deve controbilanciare la riduzione della domanda aggregata associata al licenziamento dei lavoratori per poter funzionare correttamente. Tra le condizioni necessarie per la sua efficacia figurano:

1. La significativa elasticità della domanda di materie prime influenzate dalla riduzione di prezzo;
2. L'elevata importanza che queste materie prime hanno nelle scelte di consumo dei lavoratori;
3. Strutture di mercato non concentrate (bisogna valutare il "grado di monopolio" presente nel sistema economico).

Tre assunzioni invece, che devono necessariamente presentarsi perché il meccanismo di compensazione via riduzione dei salari abbia effetto, sono:

1. Le conseguenze negative date dal calo dei salari, non si ritengono rilevanti sul livello della domanda effettiva;
2. Gli eventuali attriti che possono nascere dalla riassunzione dei lavoratori, per esempio dovuti ad un basso tasso di sostituibilità tra lavoro e capitale, non si considerano vincolanti;
3. Non si tiene conto dell'indebolimento degli effetti compensativi di reddito discussi nel Par. 2.2.1.

Un'ulteriore limitazione alla possibilità che nuovi investimenti creino un aumento della domanda di lavoro è data dalla probabilità che, nonostante la legge di Say, nella quale tutti i profitti accumulati vengono reinvestiti, il fine ultimo di questi investimenti possa essere l'acquisizione di nuove macchine per la sostituzione del lavoro manuale (Calvino e Virgillito, 2018).

Come si è già potuto vedere, l'effetto spostamento, che inizialmente crea un impatto negativo sul lavoro, può essere controbilanciato dalla creazione di nuovi compiti, così come l'effetto produttività, l'accumulo di capitale e l'intensificazione dell'automazione.

Tuttavia, l'aggiustamento economico che segue la rapida automazione può essere più e doloroso del processo di contro bilanciamento. Questo meccanismo di compensazione infatti, non tiene conto che l'automazione cambia la natura dei posti di lavoro esistenti e la riallocazione dei lavoratori dai posti di lavoro e dai compiti esistenti a quelli nuovi è un processo complesso e spesso lento. Si deve quindi tenere conto del tempo necessario perché i

lavoratori trovino nuovi posti di lavoro e compiti in cui possano essere produttivi. Il periodo di collocamento può essere la causa di un nuovo mercato locale o nazionale depresso con un ulteriore aumento dei costi di adeguamento.

Per poter comprendere maggiormente, si riporta l'esempio nella quale la rapida introduzione di nuove tecnologie durante la Rivoluzione Industriale Britannica ha portato ad un aumento della domanda di lavoro e dei salari, ma soltanto dopo un lungo periodo di stagnazione dei salari, povertà in espansione e condizioni di vita difficili. I salari infatti, hanno iniziato a crescere nell'economia britannica del XIX secolo solo dopo una scolarizzazione di massa e altri investimenti in capitale umano che hanno ampliato le competenze della forza lavoro (Acemoglu e Restrepo, 2018).

Allo stesso modo, l'adeguamento all'ampia offerta di manodopera liberata dall'agricoltura all'inizio del XX secolo in America, potrebbe essere frutto del "movimento delle scuole superiori" che ha aumentato il capitale umano della nuova generazione di lavoratori americani (Goldin e Katz, 2010).

I nuovi compiti dunque, tendono a richiedere nuove competenze ma se la forza lavoro non possiede tali competenze, il processo di adeguamento sarà ostacolato. Un problema che tende ad aggravare la situazione è se il sistema educativo non è in grado di fornire le competenze necessarie per poter inserirsi in quelle che sono le nuove mansioni, assumendo che il mercato dei lavoratori sia in grado di individuare quali siano i nuovi compiti (Acemoglu e Restrepo, 2018).

Potenziabile causa di rallentamento del processo di adattamento all'automazione è il venir meno del vantaggio delle nuove tecnologie. Se alcune competenze sono complementari ad esse, la loro assenza implicherà una minor produttività associata. La mancata corrispondenza tra competenze e tecnologie non solo rallenta l'aumento della produttività ma frena anche la velocità di adeguamento dell'occupazione e dei salari. Tale ragionamento è valido in particolare per la creazione di nuovi compiti; infatti, nonostante le crescenti preoccupazioni per la perdita di posti di lavoro a causa dell'automazione, molti datori di lavoro non sono in grado di trovare persone con le giuste competenze per il loro lavoro (Deloitte, 2011).

## **2.4 Il passaggio all'epoca moderna**

Gli ultimi due decenni hanno visto importanti progressi nel campo dell'intelligenza artificiale e della robotica. Gli sviluppi futuri dovrebbero essere ancora più spettacolari e molti commentatori prevedono che queste tecnologie trasformeranno il lavoro in tutto il mondo.

La robotica e la pratica attuale in IA, stanno continuando quello che altre tecnologie di automazione hanno fatto in passato: utilizzare macchine e computer per sostituire il lavoro umano in una gamma sempre più ampia di compiti e processi industriali.

Ad oggi, la produzione nella maggior parte dei settori industriali richiede il completamento simultaneo di una serie di compiti. Ad esempio, il settore tessile necessita la produzione di fibre, del filato da fibre (ad es. mediante filatura), del relativo tessuto dal filato (ad es. tramite tessitura o maglieria), il pretrattamento (ad es. pulizia del tessuto, purga, mercerizzazione e candeggio), la tintura e la stampa, il *finishing*, così come vari altri compiti ausiliari, tra cui progettazione, pianificazione, marketing, trasporto e vendita al dettaglio. Ognuno di questi step produttivi può essere eseguito da una combinazione di lavoro meccanico ed umano. All'alba della Rivoluzione Industriale Britannica, la maggior parte di questi compiti erano ad alta intensità di lavoro. Molte delle prime innovazioni dell'epoca miravano ad automatizzare la filatura e la tessitura, sostituendo il lavoro di artigiani qualificati con processi meccanizzati (Mantoux, 1928).

Altri esempi di sostituzione delle mansioni degli operai con le relative macchine sono la meccanizzazione dell'agricoltura statunitense, la diffusione di macchine controllate tramite schede perforatrici, macchine a controllo numerico, lo sviluppo del sistema produttivo nelle fabbriche con l'introduzione di macchine utensili, come torni e fresatrici.

Come già si è potuto vedere nel precedente capitolo, l'introduzione dei robot industriali alla fine degli anni 80', ha automatizzato molte delle restanti attività ad alta intensità di manodopera nella produzione, tra cui la lavorazione, la saldatura, la verniciatura, la pallettizzazione, l'assemblaggio, la movimentazione dei materiali e il controllo qualità. I software informatici hanno automatizzato una serie di attività svolte dagli impiegati nei settori della vendita al dettaglio, all'ingrosso e dei servizi alle imprese. Le tecnologie basate sull'IA possono ora recuperare informazioni, coordinare la logistica, gestire le scorte, preparare le tasse, fornire servizi finanziari, tradurre documenti complessi, scrivere rapporti commerciali, preparare note legali e diagnosticare malattie. Come illustrano questi esempi, l'automazione comporta la sostituzione di macchine per il lavoro e guida allo spostamento dei lavoratori dalle mansioni che sono state automatizzate.

## **2.5 L'occupazione nel XXI secolo**

La fattibilità tecnica dell'automazione è importante, ma non è l'unico fattore che influenzerà il ritmo e la portata dell'adozione dell'automazione. Inclusi tra gli altri fattori, sono il costo dello sviluppo e dell'implementazione di soluzioni di automazione per usi specifici sul posto di lavoro, le dinamiche del mercato del lavoro (inclusa la qualità e la quantità di manodopera e i



relativi salari), i benefici dell'automazione oltre alla sostituzione del lavoro, e l'accettazione a livello normativo e sociale.

Secondo la stima del McKinsey Global Institute (McKinsey Global Institute, 2017) potrebbero essere automatizzate entro il 2030 fino al 30% delle ore lavorate a livello globale, a seconda della velocità di adozione.

L'impatto potenziale dell'automazione varia a seconda dell'occupazione e del settore. Le attività più suscettibili includono quelle fisiche in ambienti prevedibili, come il funzionamento di macchinari e la preparazione di fast food. La raccolta e l'elaborazione dei dati, sono altre due categorie di attività che possono essere svolte sempre meglio e più velocemente con le macchine. Questo potrebbe spostare grandi quantità di lavoro, ad esempio nella creazione di mutui, nel lavoro para legale, nella contabilità e nell'elaborazione delle transazioni di back-office (McKinsey Global Institute, 2017).

Questo genere di declino dei posti di lavoro non è privo di precedenti. Erik Brynjolfsson, lo definisce “il grande paradosso della nostra epoca. La produttività è a livelli record, l'innovazione non è mai stata così rapida, eppure al tempo stesso abbiamo una caduta del reddito medio e un minor numero di posti di lavoro. La gente rimane indietro perché la tecnologia avanza molto velocemente e le nostre capacità e le nostre organizzazioni non ce la fanno a tenere il passo” (Brynjolfsson e McAfee, 2011).

L'automazione avrà un effetto minore sui lavori che coinvolgono la gestione del personale, l'applicazione di competenze e quelli che coinvolgono le interazioni sociali, dove le macchine, per ora, non sono in grado di eguagliare le prestazioni umane.

Lavori artigianali, come giardinieri, idraulici ed elettricisti, vedranno un tasso di automatizzazione inferiore entro il 2030, perché sono difficilmente sostituibili tecnicamente e spesso richiedono salari relativamente più bassi, il che rende l'automazione una proposta commerciale meno attraente (McKinsey Global Institute, 2017).

Le prospettive per l'occupazione nella maggior parte dei settori nel periodo 2015-2020, per quanto riguarda l'industria, sono moderatamente positive. Tuttavia, al di sotto di questa prospettiva aggregata vi è ancora una volta una crescita relativamente significativa in alcuni settori e un calo in altri, a causa dell'accelerazione del ritmo di trasformazione in molti settori industriali. Per dimostrare quanto, in occasione del World Economic Forum del 2016, è stato condotto un sondaggio finalizzato alla valutazione dell'impatto di Industria 4.0 e dell'innovazione tecnologica sul mercato del lavoro. Considerando il quinquennio 2015-2020

il possibile trend di impieghi per settore lavorativo è<sup>6</sup>: (Tabella 1) (World Economic Forum, 2016)

*Tabella 1. Trend presunto per il numero di impieghi per settore lavorativo nel periodo 2015-2020 dopo l'impatto di i4.0*

SETTORE	IMPIEGHI NETTI (Migliaia)
Operazioni commerciali e finanziarie	+492
Management	+416
Analisi e matematica	+405
Architettura e ingegneria	+339
Vendite e affini	+303
Istruzione e formazione	+66
Amministrativo	-4.759
Manifatturiero e produttivo	-1.609
Costruzione ed estrazione	-497
Arte, Design, Spettacolo, Sport e Media	-151
Giuridico	-109
Installazione e manutenzione	-40

Fonte: World Economic Forum, 2016, p.15

Mentre lo spostamento di manodopera a causa dell'automazione è visibile da molti anni, è più difficile immaginare tutti i nuovi posti di lavoro che verranno creati. Molti di questi nuovi posti di lavoro sono generati indirettamente e distribuiti in diversi settori e aree geografiche. Secondo il McKinsey Global Institute vi sono alcune possibili fonti che favorirebbero la creazione di nuovi posti di lavoro fino al 2030, considerando le attuali tendenze di spesa e di investimento nei vari Paesi e nuovi investimenti possibili da parte di governi, imprenditori o singoli in alcune aree. I risultati non sono stime precise ma suggeriscono in che modo potrebbero essere creati nuovi posti di lavoro.

---

<sup>6</sup> Il sondaggio è basato su dati provenienti da 371 imprese, operanti nei settori riportati nella tabella e collocate in Giappone, Germania, Australia, Cina, Regno Unito, India, Stati Uniti, Associazione delle Nazioni del Sud-est Asiatico, Francia, Brasile, Turchia, Sud Africa, Messico e Consiglio di cooperazione del Golfo.

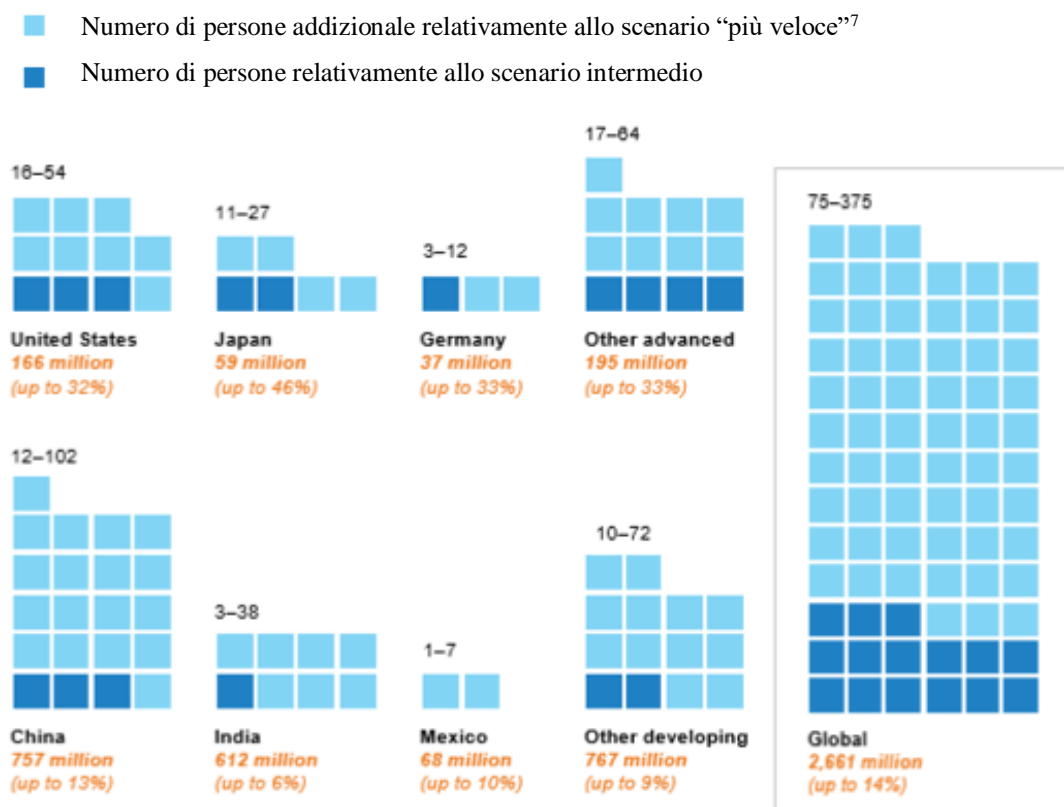
- a) *Aumento dei redditi e dei consumi, soprattutto nelle economie emergenti*: a livello globale, si stima che l'impatto dell'aumento dei redditi potrebbe creare dai 300-365 milioni di nuovi posti di lavoro;
- b) *Popolazioni in via d'invecchiamento*: a livello globale, si stima che l'assistenza sanitaria e i posti di lavoro ad essa correlati, derivanti dall'invecchiamento e dall'aumento dei redditi, potrebbero aumentare da 80 milioni a 130 milioni entro il 2030;
- c) *Sviluppo e diffusione della tecnologia*: entro il 2030, si stima che questa tendenza potrebbe creare da 20 a 50 milioni di posti di lavoro a livello mondiale;
- d) *Investimenti in infrastrutture ed edifici*: in uno scenario di tendenza sarà possibile creare circa 80 milioni di posti di lavoro mentre considerando uno scenario di investimenti specifici nel settore, il numero previsto potrebbe crescere fino a 200 milioni. Questi posti di lavoro includono architetti, ingegneri, falegnami e altri artigiani qualificati, così come operai edili, operatori di macchinari e altri posti di lavoro con requisiti più bassi;
- e) *Investimenti in energie rinnovabili, nell'efficienza energetica e nell'adattamento ai cambiamenti climatici*: considerando la crescita futura dell'occupazione sulla base delle intenzioni politiche già annunciate per l'efficienza energetica, degli investimenti necessari per raggiungere questi obiettivi e contemplando gli impegni economici che i Paesi partecipanti all'Accordo di Parigi sul clima, hanno deciso di rispettare, i nuovi posti di lavoro che si verranno a creare sono circa 20 milioni;
- f) *Marketizzazione del lavoro domestico non ancora retribuito*: si stima questo cambiamento potrebbe commercializzare a livello globale, da 50 a 90 milioni di posti di lavoro non retribuiti, soprattutto in occupazioni come la cura dei bambini, l'educazione della prima infanzia, le pulizie, la cucina e il giardinaggio;

Secondo le precedenti previsioni e stime, i posti di lavoro che potrebbero nascere, considerando un periodo di tempo di quindici anni, sono circa 850 milioni a livello globale.

Nella Figura 6 viene evidenziato il numero di lavoratori che dovranno abbandonare le attuali categorie professionali per trovare un lavoro. Il periodo considerato è dal 2016 al 2030 ed ogni singolo "blocco" rappresenta 5 milioni di persone. Il range di lavoratori che presumibilmente dovrà cambiare categoria lavorativa e apprendere nuove competenze, va da 75 a 375 milioni. In termini assoluti, la Cina deve affrontare la maggior migrazione lavorativa, da circa 12 milioni fino ad arrivare a 102 milioni di lavoratori se l'automazione viene adottata rapidamente. Per le economie avanzate, la quota della forza lavoro che potrebbe aver bisogno di apprendere nuove competenze e trovare lavoro in nuove occupazioni

è molto più alta: fino a un terzo della forza lavoro del 2030 negli Stati Uniti e in Germania, e quasi la metà in Giappone (McKinsey Global Institute, 2017).

Figura 6. Numero globale di lavoratori che avranno bisogno di cambiare occupazione



Fonte: U.S. Bureau of Labor Statistics; analisi del McKinsey Global Institute, 2017, p.11

Al fine di sfruttare al massimo i vantaggi di Industria 4.0, i lavoratori devono essere in grado di combinare le proprie capacità con le competenze informatiche, che possono essere sia di base come l’accesso alle interfacce e l’utilizzo di fogli di calcolo, sia di tipo avanzato come la capacità di analisi dei dati. Inoltre, i dipendenti, per adattarsi ai nuovi ambienti di lavoro e ai nuovi ruoli da ricoprire, dovranno possedere un certo grado di flessibilità, nonché abituarsi alla necessità di un continuo apprendimento interdisciplinare.

Ad esempio, l’attività di un operatore all’interno dello stabilimento industriale automatizzato, solitamente, consiste nell’accertamento del funzionamento di un macchinario e del controllo qualità del relativo prodotto. L’avvento di Industria 4.0 renderà possibile il controllo di

<sup>7</sup> Si considerano 46 Paesi diversi e secondo la stima del McKinsey Global Institute, i lavoratori che dovranno cambiare impiego sono tra lo zero e il 30%. Si considera quindi uno scenario intermedio al 15% (circa 400 milioni) ed uno scenario “più veloce”, nella quale l’automazione ha un effetto più rapido, di circa 800 milioni, pari al 30% (McKinsey Global Institute, 2017).

quell'operatore su molteplici macchinari e prodotti. I monitor serviranno per assistere il lavoratore nel monitoraggio delle performance dei macchinari e della qualità dei prodotti, che facilitano il controllo qualità con dei semplici questionari trasmessi da un sistema automatizzato. I nuovi corsi di aggiornamento non riguarderanno più la formazione specifica su determinati macchinari e prodotti, ma verteranno al miglioramento delle capacità di utilizzo di dispositivi digitali e software e di accesso agli archivi di informazione digitale (Wittenberg, 2016).

### **2.5.1 I robot**

Con il continuo progresso della tecnologia saranno i robot a far sparire la maggior parte dei posti di lavoro, soprattutto in ambito industriale. Arriveranno a creare e a conservarne altri, generando in questo modo un immenso valore che, però, non sarà distribuito in maniera uniforme. In una visione più generale, i robot si possono considerare come una “manna”, dando agli umani la possibilità di dedicarsi ad attività maggiormente produttive. Questa però, sarà fattibile solo nella misura in cui le persone creeranno sistemi destinati ad adattare le loro forze lavoro (Ross, 2016).

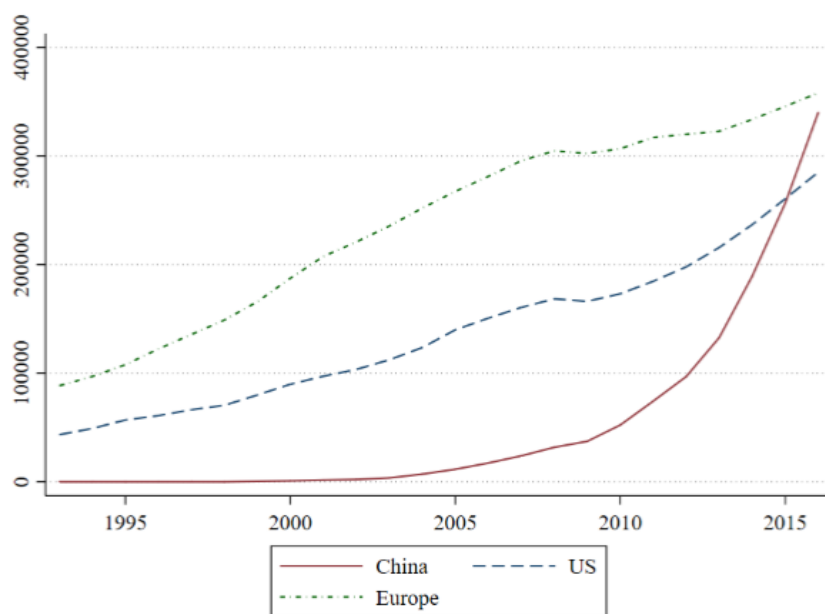
Ciò a cui abbiamo assistito in termini di perdita dei posti di lavoro nel settore manifatturiero nei Paesi industrializzati, si sta ripetendo in tutta l'economia mondiale. Oggi sono a rischio anche i posti nei servizi, che precedentemente erano stati proprio quei posti che si erano salvati dall'ondata di meccanizzazione. Sarà il modo in cui le società si adatteranno, il ruolo chiave per determinare quanto esse saranno competitive e stabili. I guadagni che ne deriveranno dall'adozione delle nuove tecnologie, se li giocheranno quelle aziende e società che sapranno adattarsi e indirizzare i loro cittadini verso settori in crescita, senza limitarsi a ripiegare in decisioni già assunte in passato. Saranno necessari investimenti nel campo della robotica, uno dei settori più in crescita, ma anche in una struttura sociale che permetta a chi sta perdendo il lavoro di rimanere indipendente fino a quando non sarà in grado di reindirizzarsi verso le industrie o le posizioni che offrono nuove possibilità (Ross, 2016).

La perdita occupazionale, per l'effetto dei robot, sarà differente nelle varie regioni del mondo. I Paesi che ne subiranno meno le conseguenze saranno quelli che progettano e realizzano robotica da esportazione, quelli dove si trovano i tecnici, le sedi e le strutture manifatturiere. Saranno nazioni come la Germania, il Giappone e la Corea del Sud. Come si vede dalla Figura 6 (vedi Paragrafo 2.6), la Cina è uno di quei Paesi che corre il maggior rischio di perdita in termini di posizioni lavorative poichè, come altri Paesi che condividono lo stesso problema, hanno fondato la loro base manifatturiera su manodopera a basso costo (Ross, 2016).

Industria 4.0 porterà numerosi cambiamenti nel mondo del lavoro, nel modo in cui i lavoratori svolgono le proprie mansioni (Magone e Mazali, 2016).

Ancora non si sa fino a che punto la robotica sostituirà la forza lavoro umana; quel che è certo è che la robotica e le altre tecnologie innovative saranno ampiamente utilizzate per assistere i lavoratori. Ingo Ruhmann, consulente sui sistemi IT presso il Dipartimento Federale Tedesco per l'Educatione e la Ricerca, afferma che “la totale automazione dei processi non è realistica. La tecnologia aumenterà soprattutto la produttività, mediante l'uso di sistemi di assistenza digitale, ma non rimpiazzerà la forza lavoro umana”. Ciò significa che le trasformazioni che coinvolgeranno i lavoratori durante lo svolgimento della loro attività, saranno, molto probabilmente, positive; tale risultato sarà dovuto dal maggior impiego di sistemi di assistenza (Sirkin, 2016).

*Figura 7. Stock operativo di robot industriali nel tempo.*



Fonte: Giuntella e Wang, 2018, p.18

La Figura 7 evidenzia il trend di utilizzo di robot in Cina, in Europa e negli Stati Uniti, in un periodo di circa 20 anni, dal 1995 al 2015. Si evince come l'Europa sia sempre stata maggiormente operativa rispetto gli altri due Paesi a confronto, ma ciò che risalta è come la Cina, intorno al 2010, abbia avuto un improvviso aumento dello stock robotico operativo arrivando, al termine del periodo considerato, al livello di Europa e Stati Uniti.

### 2.5.2 Il caso Stati Uniti

Lo studio condotto da Frey e Osborne (2017) negli Stati Uniti, stima la probabilità che la Quarta Rivoluzione Industriale possa automatizzare 702 differenti mansioni e analizza quali di queste sono maggiormente a rischio. Si evince da questa indagine che oltre la metà dei posti di lavoro negli USA potrebbe essere a rischio di computerizzazione nel prossimo ventennio. Circa il 47% di questi, rientra nella categoria ad alto rischio di robotizzazione, ossia tutti quei lavori che possono essere automatizzati in tempi relativamente brevi, approssimativamente nel corso dei prossimi due decenni. Un altro 19% invece, è il tasso di lavoratori che corrono un rischio di livello medio. La maggior parte dei lavoratori nei settori dei trasporti e della logistica, insieme a quelli impiegati in massa nel settore dei trasporti e dell'amministrazione a sostegno dei lavoratori e della produzione, sono a rischio. Nel dettaglio le dieci posizioni lavorative con il più alto tasso di automatizzazione sono:<sup>8</sup> (Osborne e Frey, 2017)

1. *New Accounts Clerks*
2. *Photographic Process Workers and Processing Machine Operators*
3. *Tax Preparers*
4. *Cargo and Freight Agents*
5. *Watch Repairers*
6. *Insurance Underwriters*
7. *Mathematical Technicians*
8. *Sewers, Hand*
9. *Title Examiners, Abstractors, and Searchers*
10. *Telemarketers*

Negli Stati Uniti, durante l'ultima recessione, una persona su dodici, tra gli addetti al commercio, è rimasta senza lavoro (Brynjolfsson e McAfee, 2011).

Altro, è il caso dei camerieri e delle cameriere; questa mansione ha costituito parte integrante del curriculum di milioni di persone in tutto il mondo. Il 50% degli americani adulti ha lavorato per qualche tempo in un ristorante; il 25% di questi ha affermato che è stata a loro prima occupazione (The Aspen Institute, 2012).

---

<sup>8</sup> I nominativi delle seguenti posizioni lavorative sono riportati in lingua originale al Paese presso la quale è stata svolta l'indagine.

Attualmente, 2,3 milioni di cittadini americani prestano questo genere di servizio (United States Department of Labor, 2015).

Di questo passo, nel corso dei prossimi anni, molti di questi elementi del personale dei locali pubblici verranno sostituiti dai robot (Ross, 2016).

Attualmente la disoccupazione giovanile negli Stati Uniti raggiunge il 12%, più del doppio della media complessiva del Paese (Karabell, 2013). Se venisse ridotta o addirittura eliminata la possibilità di un primo impiego o di un secondo, quanto più difficile sarà ottenere un posto di lavoro?

### **2.5.3 Il caso Cina**

La Cina è un paese che negli ultimi anni ha investito massicciamente in robot e automazione. Nel 2014 infatti, il presidente cinese Xi Jinping ha chiesto una rivoluzione robotica per aumentare la produttività produttiva del suo paese. Nell'ultimo piano quinquennale della Cina (2016-2020), il governo ha stanziato miliardi di yuan destinati a tutti i produttori con lo scopo di migliorare le tecnologie, quali robot e macchinari avanzati. Molte sono le Province cinesi che sono state sovvenzionate per adottare nuovi robot industriali. Un esempio è la provincia del Guangdong, nel sud della Cina, che ha promesso di spendere 150 miliardi di dollari per robot industriali e nuovi centri di innovazione dedicati all'automazione avanzata. L'ambizione del governo cinese è quella di trasformare la Cina in un polo high-tech che sfida la leadership di paesi come la Germania, il Giappone e gli Stati Uniti, che finora hanno dominato il mercato dei robot sia in termini di utilizzo che di produzione (Giuntella e Wang, 2018).

La Cina, infatti, è già dal 2013 il più grande mercato mondiale per robot industriali in termini di numero d'acquisti annuali. Al momento, la Cina ha il maggior numero di robot industriali tra tutti i paesi del mondo, anche se in termini pro-capite è ancora in ritardo rispetto alle economie più avanzate. L'investimento nella robotica può dare impulso alla produzione cinese, che ultimamente è stata messa a dura prova dall'aumento del costo del lavoro, dall'invecchiamento della popolazione e dall'aumento della concorrenza internazionale. Tuttavia, le tecnologie di automazione come i robot possono influire le prospettive di centinaia di milioni di lavoratori cinesi nel settore manifatturiero e in altri settori esposti a queste tecnologie.

Nonostante queste luminose proiezioni economiche, la Cina è uno dei Paesi che, in termini di dislocamento della forza lavoro, sta soffrendo maggiormente l'avvento di industria 4.0 e in particolar modo la robotica. Un esempio è la Foxconn l'azienda Taiwanese che produce iPhone e molti altri gadget per Samsung, Microsoft e Apple. Nel suo stabilimento, localizzato nella zona manifatturiera di Shenzhen vicino ad Hong Kong, sono impiegati mezzo milione di



addetti in quindici diverse aree produttive. Il fondatore e presidente di Foxconn, Terry Gou, pensando al futuro della sua società a livello economico e sociale, nel 2011 annunciava un piano di acquisto per un milione di robot nei successivi tre anni destinati ad affiancare il milione di lavoratori già presenti in azienda Yee e Jim, 2011).

Le condizioni lavorative a cui sono sottoposti i dipendenti di Gou sono pessime e per tale motivo le critiche non sono venute e mancare. I suoi operai vivono dentro l'azienda, lavorando fino a dodici ore al giorno, per sei giorni a settimana. Quello che succederà, quando i robot verranno introdotti nella sua azienda, sarà la mancanza di nuove assunzioni nelle sue fabbriche, essendo questi progettati per lavorare fianco a fianco con gli esseri umani (Ross, 2016).

I robot di Gou costano 25.000 dollari l'uno, tre volte il salario annuo di un lavoratore, e sono attualmente programmati per svolgere mansioni di routine come l'assemblaggio di base, la saldatura e la verniciatura. Alla fine del 2011 i robot impiegati erano circa 10.000 mentre alla fine del 2012 il numero di unità robotiche era già salito a 300.000, ovvero uno ogni quattro lavoratori. L'obiettivo prossimo di Gou è quindi automatizzare un intero impianto nei prossimi cinque o dieci anni (Skydelsky, 2013).

L'introduzione dei robot nell'azienda Foxconn è solo un esempio che può essere ricondotto ad un aumento proporzionale dei salari e della crescita economica del Paese. È per un motivo simile che Gou ha intravisto la necessità di sostituire la manodopera ormai divenuta troppo costosa. L'aumento dei salari medi e l'avvento dell'automatizzazione preoccupa il governo cinese, portando a concentrare le manovre economiche verso uno sviluppo occupazionale investendo pesantemente nelle industrie del futuro e al tempo stesso mantenendo basso il costo del lavoro (Ross, 2016).

In uno studio condotto da Giuntella e Wang (2018), viene analizzato l'impatto che l'adozione di robot industriali ha sull'occupazione e sui salari. I risultati riportano come l'introduzione della robotica causi una diminuzione sia della probabilità media di assunzione di un individuo che dei salari medi. Questi effetti sono concentrati tra i lavoratori poco qualificati e maggiori tra gli uomini e i lavoratori in età più giovane. Inoltre, le città con una specializzazione iniziale più elevata nella produzione, registrano perdite significative in termini di occupazione e salari dei lavoratori.

La Cina si conferma dunque, un Paese in affermata evoluzione, con una esponenziale produzione ed impiego di robot e un continuo riadattamento delle mansioni della forza lavoro. Nonostante ciò, come si è potuto vedere, i rischi di una disoccupazione di massa sono elevati, soprattutto se il Governo non sarà in grado di indirizzare adeguatamente e nei giusti tempi, tutta la forza lavoro uscente dall'industria ormai quasi totalmente robotizzata.

## 2.5.4 Il caso Giappone

Il governo giapponese ha iniziato a sviluppare e diffondere la robotica e le tecnologie dell'intelligenza artificiale creando il Robot Revolution Initiative Council nel 2014 e pubblicato nel 2015 con il titolo "NewRobot Strategy", il quale include un piano d'azione quinquennale per l'attuazione della rivoluzione robotica. Successivamente ha istituito il Centro di ricerca sull'intelligenza artificiale con lo scopo di promuovere lo studio industriale tecnologico, lo sviluppo delle tecnologie di base dell'IA e delle applicazioni per risolvere i problemi reali del mondo. La Japan Revitalization Strategy fondata nel 2015 invece, è la strategia di crescita centrale del governo giapponese, la quale cerca di modificare le strutture industriali e occupazionali attraverso l'utilizzo di IoT, dei Big Data e dell'IA (Morikawa, 2017).

Poiché il miglioramento delle prestazioni di produttività è imperativo per aumentare il tasso di crescita potenziale delle economie avanzate, compreso il Giappone, ci sono grandi aspettative sulla diffusione e l'applicazione delle tecnologie legate all'IA.

Per valutare gli impatti di Industria 4.0 nella realtà giapponese, è stato condotto uno studio con lo scopo di presentare nuove evidenze empiriche utilizzando i dati di un'indagine originale di aziende giapponesi. Particolare attenzione è rivolta alla complementarità tra le competenze delle risorse umane e le tecnologie legate all'IA. Masayuki Morikawa nella sua indagine (2017) ha raccolto dati originali da più di 3.000 aziende giapponesi che operano sia nel settore manifatturiero che in quello dei servizi, con lo scopo di indagare e valutare le loro opinioni riguardanti l'impatto che queste nuove tecnologie possono avere sul futuro business e sull'occupazione.

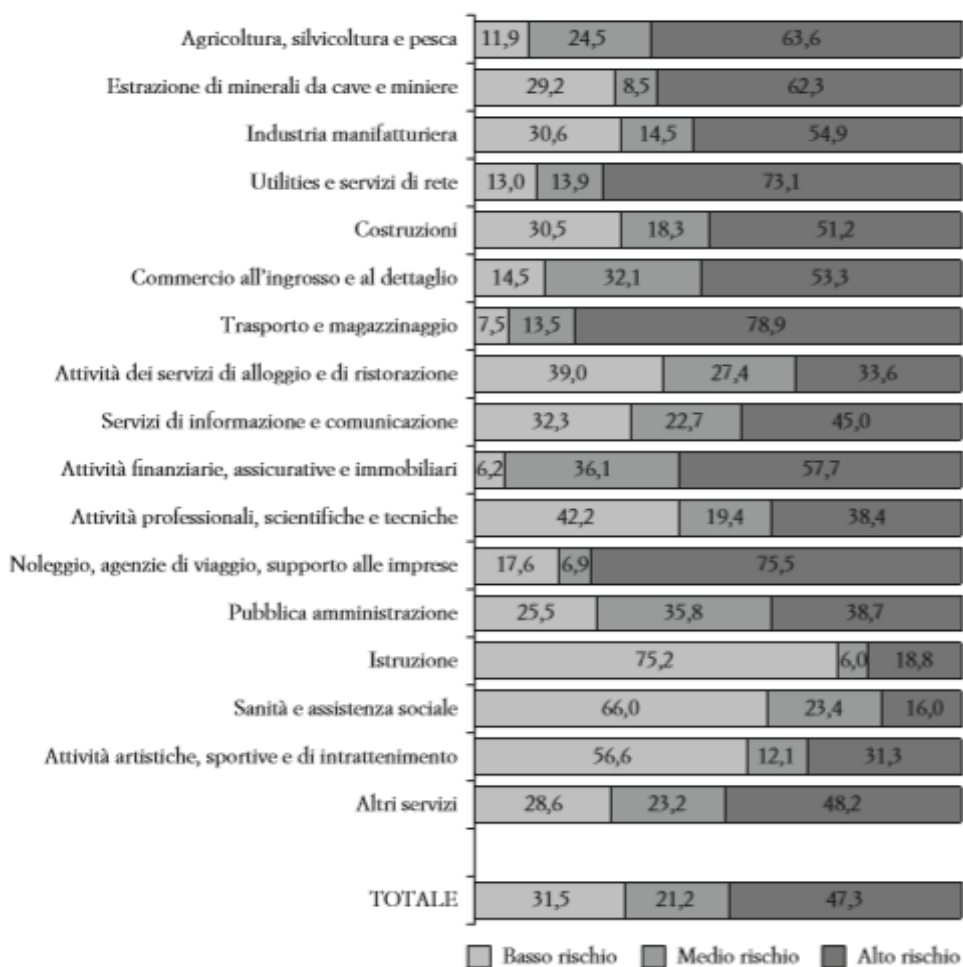
Ciò che si evince dai risultati di questo studio è che, in primo luogo, sia le aziende manifatturiere che quelle non manifatturiere sono generalmente positive all'utilizzo dei Big Data nei processi aziendali, e si aspettano impatti favorevoli dell'IA e della robotica sul loro business.

In secondo luogo, si osserva la complementarità tra l'IA e i livelli di competenza dei dipendenti delle aziende. Il livello di complementarità risultante è alto e suggerisce l'importanza di potenziare il capitale umano e il numero di dipendenti con una formazione post-laurea, al fine di raccogliere i benefici delle nuove tecnologie. In terzo luogo, le imprese che operano nei mercati globali hanno riferito una prospettiva positiva dell'impatto delle tecnologie legate all'IA, suggerendo che l'ulteriore globalizzazione dell'attività economica e lo sviluppo e la diffusione delle nuove tecnologie procederanno di pari passo (Morikawa, 2017).

## 2.5.5 Il caso Italia

Uno studio simile a quello condotto da Frey e Osborne (2017) è stato svolto da Caravella e Menghini (2018) fornendo una stima della probabilità di sostituzione delle 796 professioni italiane del database isfol-Istat riconosciute dal sistema di nomenclatura Istat cp 2011, che recepisce e rielabora la classificazione internazionale isco-08. In Italia molte imprese continuano a svilupparsi in settori dove il lavoro “umano” gioca ancora un ruolo fondamentale e la tecnologia è ancora a bassa intensità di utilizzo, come ad esempio la ristorazione. A differenza di quest’ultima, l’e-commerce, per esempio, sostituisce tutti gli spazi “reali” con piattaforme virtuali creando un aumento della domanda di personale per servizi di logistica, un settore che ad oggi è in continua trasformazione dei processi produttivi dovuti proprio dal ruolo dell’automazione (Caravella S., Menghini M., 2018).

*Figura 8. Occupazione per classi di rischio di sostituzione e settori di attività economica. Anno 2014 (incidenze percentuali)*



Fonte: Caravella e Menghini, (2018), p.58

Come dimostra la Figura 8, il 47,3% della base occupazionale è soggetta ad un alto rischio di sostituzione. Infatti, secondo la distinzione in sezioni della classificazione Ateco 2007 (Istituto Nazionale di Statistica, 2009) prodotta dall'Istat, emerge come in numerosi settori, più del 50 per cento della forza lavoro impiegata mostra un elevato rischio di automatizzazione (Caravella e Menghini, 2018).

Sono state prese in esame inoltre, per classificare il livello di rischio, le professioni per classe di età e per livello di istruzione. La fascia d'età a maggior rischio di sostituzione è tra i 15 e i 24 anni, con un tasso di rischio decrescente con l'avanzare dell'età dei lavoratori. Professioni per cui è richiesta un'età avanzata e un conseguente livello di preparazione o specializzazione, risultano infatti, meno esposte agli effetti negativi prodotti dalla digitalizzazione e dall'automazione. Per quanto concerne la correlazione tra livello di istruzione e professioni si evidenzia come le posizioni lavorative a maggior rischio di automatizzazione siano quelle con un minor grado di istruzione e, viceversa, ad alti livelli di istruzione risponde un basso rischio di sostituzione.

In conclusione, il rapporto tra automazione e occupazione è sempre più delicato e i fattori che ne condizionano il futuro legame sono molteplici. Come si è visto, il livello di istruzione che la società riuscirà a garantire, sarà fondamentale e coloro che occupano posizioni lavorative a bassa qualifica saranno coloro che più rischiano di vedere il proprio ruolo automatizzato.

# CAPITOLO 3

## Casi di studio da un campione di aziende venete

### 3.1 Premessa all'analisi empirica

Nei capitoli precedenti si è considerato il ruolo di Industria 4.0 e dell'occupazione nel corso degli anni, un percorso che ha visto il cambiamento tecnologico alla base dei principali spostamenti di manodopera nel mercato del lavoro globale.

Al termine del precedente capitolo si sono visti alcuni casi empirici relativi ai Paesi che ad oggi sono considerati tra i maggiori portatori di sviluppo tecnologico al mondo.

In questo paragrafo si analizzerà in che modo l'introduzione delle diverse tecnologie 4.0 ha impattato nel sistema aziendale di una piccola o media impresa, che rappresentano il tessuto imprenditoriale italiano. Si cercherà di capire come sono cambiati i rispettivi ruoli dei dipendenti, quali sono state le riorganizzazioni interne dei processi, come viene gestita l'innovazione e come è cambiato il rapporto con i fornitori. Sarà inoltre chiesto all'azienda, tramite apposito questionario, quali sono stati i motivi che l'hanno spinta ad investire in Industria 4.0 e quali sono stati, fino a questo momento, i principali risultati ottenuti dall'adozione di queste nuove tecnologie.

Si è deciso di effettuare la seguente analisi empirica in aziende Venete, incontrando personalmente i dirigenti maggiormente competenti in materia 4.0.

Le aziende prese in esame sono cinque e sono operanti in cinque settori differenti.

*Tabella 2. Elenco aziende intervistate*

AZIENDA	SETTORE	PROVINCIA
MTS S.p.a.	Automobilistico	TV
IMO S.r.l.	Gioielleria	VI
BFR Meccanica S.r.l.	Meccanica di precisione	TV
Galdi S.r.l.	Alimentare	TV
Secco Sistemi S.p.a.	Edilizia	TV

Il lavoro di studio ed analisi dei casi in esame, è stato portato avanti da settembre 2018 a febbraio 2019, in collaborazione con il Laboratorio Manifattura Digitale (LMD) dell'Università di Padova, Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali "Marco Fanno".<sup>9</sup> Con i responsabili del Laboratorio è stato creato un questionario quantitativo e qualitativo che è stato utilizzato durante le interviste effettuate presso le aziende.

In comune accordo con il LMD, sono state individuate circa 20 aziende che rispettassero i parametri di dimensione prefissati e di queste aziende si è scelto di analizzare un campione di 5 di esse che rispettassero i parametri di dimensione aziendale (PMI) e di diversificazione per settore merceologico di appartenenza.

Come si vede nella Tabella 2, ogni azienda si differenzia dalle altre per la destinazione dei propri prodotti. Questa scelta ha lo scopo di analizzare in che modo le tecnologie 4.0 impattano a livello aziendale nel caso in cui i settori di mercato divergono.

### **3.2 Procedimento e questionario per l'analisi**

Le aziende studiate sono state contattate telefonicamente in un primo momento e successivamente si è stabilito un appuntamento per poter intervistare personalmente in loco i diversi dirigenti aziendali.

Telefonicamente è stato chiesto di poter parlare con il personale che all'interno dell'azienda si occupasse di Industria 4.0.

L'intervista è stata svolta seguendo un questionario qualitativo sottoponendo dunque l'intervistato a 18 domande. Si tenga conto che alcune di queste possono non aver trovato risposta a seconda delle volontà e del tempo dedicato dall'intervistato. È stata inoltre chiesta l'autorizzazione per poter registrare la conversazione con l'unico scopo di poter ricostruire con esattezza lo script dell'intervista.

---

<sup>9</sup> Nel periodo di ricerca sono stati svolti alcuni incontri con il Responsabile Scientifico, la Prof.ssa Eleonora Di Maria, con il Prof.re Marco Bettiol, con l'assegnista e dottorando Mauro Capestro e sotto la continua supervisione del Prof.re e relatore della presente Tesi, Roberto Antonietti. L'obiettivo di questi incontri era un continuo aggiornamento e confronto tra personale docente e studenti appartenenti al Gruppo di Ricerca.

Nella Tabella sottostante si vede quali sono le posizioni ricoperte da coloro a cui è stata rivolta l'intervista<sup>10</sup>:

*Tabella 3. Ruoli aziendali ricoperti dai dipendenti intervistati*

AZIENDA	OCCUPAZIONE
MTS S.p.a.	Managing Director
IMO S.r.l.	Entrepreneur
BFR Meccanica S.r.l.	Entrepreneur
Galdi S.r.l.	General Manager e IT Manager
Secco Sistemi S.p.a.	Purchasing Manager and Technical Manager

Si veda di seguito la composizione del questionario sottoposto<sup>11</sup>.



DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE E AZIENDALI "MARCO FANNO"  
DEPARTMENT OF ECONOMICS AND MANAGEMENT "MARCO FANNO"



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

Laboratorio Manifattura Digitale

Ricerca della diffusione dell'industria 4.0 nelle imprese manifatturiere italiane

### QUESTIONARIO INTERVISTA QUALITATIVA

Note per l'intervistatore: L'audio deve essere registrato per consentire di ricostruire con esattezza, una volta finita l'intervista, le parole pronunciate dall'intervistato. Va chiarito all'intervistato che l'audio serve solo a ricostruire un testo finale dell'intervista e che una volta fatto questo passaggio l'audio stesso sarà distrutto. Se l'intervistatore lo desidera potrà ricevere il testo finale via mail.

<sup>10</sup> Verranno riportati solamente i ruoli ricoperti dai dipendenti all'interno dell'azienda, poiché nel rispetto della privacy è stato chiesto di non divulgare i nominativi.

<sup>11</sup> Alcune domande sono comprensive di input con lo scopo di favorire l'intervistatore e l'intervistato durante la conversazione.

- 1) Può descrivere brevemente l'attività d'impresa, i suoi prodotti e il mercato di riferimento?
- 2) Può indicare quanti dipendenti sono presenti nella azienda?
- 3) Può indicare l'ammontare del fatturato risultante dall'ultimo bilancio?
- 4) Potrebbe cortesemente indicare quali tecnologie dell'Industria 4.0 sono state adottate dalla sua azienda?
- 5) Può chiarire quando sono state introdotte queste tecnologie?
- 6) Quali sono le motivazioni che vi hanno spinto ad investire nella/e tecnologia/e Industria 4.0?
  - a. *Richiesta di un nuovo servizio/prodotto da parte di un cliente*
  - b. *Essere più veloci nel mercato*
  - c. *Curiosità*
  - d. *Ho visto quello che facevano (imitazione) i miei competitor*
- 7) Può descrivere in che reparto all'interno dell'azienda sono state introdotte le tecnologie 4.0?
- 8) Quali risultati avete ottenuto dall'utilizzo della/e tecnologia/e Industria 4.0?
  - a. *Incremento (percentuale) del fatturato (rispetto a prima dell'adozione)*
  - b. *Aumento della clientela (numero di nuovi clienti)*
  - c. *Riduzione dei costi di produzione*
  - d. *Velocità di consegna*
  - e. *Minori tempi di risposta alle richieste/esigenze del mercato (time to market)*
  - f. *Innovazione di prodotto (capire che tipo di innovazione. Nuove funzioni d'uso del prodotto? Miglioramento delle funzioni d'uso esistenti? Nuovi servizi connessi al prodotto?)*
  - g. *Nuovi servizi (pre, post, complementari all'uso del prodotto)*
  - h. *Se la risposta fosse negativa chiedere quali sono le ragioni della mancanza di risultati*
- 9) L'introduzione delle tecnologie Industria 4.0 ha comportato dei cambiamenti organizzativi interni?
  - a. *Riorganizzazione dei processi produttivi (layout della fabbrica, combinazione tecnologie produttive)*
  - b. *Cambiamento nei processi di marketing o di innovazione*
  - c. *Cambiamento nella gestione del personale*
- 10) Ci sono state nuove assunzioni o licenziamenti dovuti dall'introduzione delle tecnologie 4.0?
- 11) Quanto sono importanti le competenze interne per l'adozione delle tecnologie 4.0?
  - a. *È sufficiente avere delle competenze tecnico-informatiche di base*



- b. *È necessario avere delle specifiche competenze tecnico-informatiche*
  - c. *È necessario attivare subito dei percorsi formativi legati alle tecnologie 4.0 che si utilizzano*
- 12) Come viene gestita l'innovazione all'interno dell'impresa?
- a. *C'è un reparto interno dedicato? È gestita in modo formalizzato (ci sono processi ad hoc)?*
  - b. *Oppure è lasciata alla creatività dei singoli in azienda (Imprenditori, Manager, ecc.)?*
  - c. *Quanto si investe in innovazione all'anno? (percentuale sul fatturato)?*
  - d. *Quali sono i partner principali (fornitori di tecnologie, università, parchi scientifici, consulenti, ecc.)?*
- 13) Può indicare la percentuale di export effettuato dall'azienda?
- 14) L'introduzione delle tecnologie Industria 4.0 ha comportato cambiamenti nella gestione delle relazioni con i propri fornitori e con la filiera in generale?
- a. *Cambio di fornitori alla ricerca di quelli già con il 4.0*
  - b. *Richiesta di nuove qualità e competenze dai fornitori*
  - c. *Ritorno a produrre in Italia o nel distretto VS necessità di andare all'estero per trovare nuovi fornitori qualificati*
- 15) In che modo gli investimenti ICT (Information Communication Technology) (Software gestionale, sito web, social media, e-commerce, Infrastrutturazione digitale dell'azienda, ecc.) si sono rivelati importanti per sfruttare il potenziale delle tecnologie Industria 4.0?
- a. *C'è stata una integrazione?*
  - b. *Il 4.0 è diverso e richiede un approccio ad hoc?*
  - c. *Definirebbe fondamentale l'ICT per sfruttare il 4.0?*
- 16) Gli investimenti in tecnologie Industria 4.0 hanno modificato il vostro modello di business?
- a. *Se serve fare l'esempio di come molte aziende con il digitale sono passate dal vendere prodotti a vendere servizi legati ai prodotti (al posto di comprare una fotocopiatrice (prodotto) posso comprare il numero di fotocopie realmente effettuate (servizio) ecc.)*
- 17) Può descrivere quali sono state le principali complicazioni nell'adozione di tecnologie Industria 4.0?
- 18) L'azienda ha usufruito o perlomeno fatto richiesta degli incentivi governativi (e/o di altri regionali), o intende richiederli?

La possibilità di effettuare l'intervista personalmente e non telefonicamente ha reso la conversazione più confidenziale e approfondita. In alcuni casi è stato addirittura possibile effettuare un giro guidato all'interno dell'azienda per osservare come, effettivamente, operano le tecnologie certificate 4.0.

### **3.3 Aziende intervistate**

In questo paragrafo si descrivono le cinque aziende intervistate; ad ognuna di loro sarà dedicata una parte iniziale di presentazione storica per poter comprendere il percorso evolutivo proprio di ogni azienda e per poter effettuare con cognizione di causa gli adeguati confronti finali.

#### **3.3.1 Intervista all'azienda MTS S.p.a.**

##### **3.3.1.1 La storia aziendale**

MTS è una società per azioni che attualmente opera nel settore Automotive e ha la sede principale a Mansuè di Treviso.

L'azienda nasce nel 1973 dall'idea del Signor Sarri Antonio, ovvero quella di produrre un articolo in larga serie operando nel settore metalmeccanico per differenziarsi dall'attività di produzione del mobile prevalente della zona. Iniziò dunque la costruzione dei primi silenziatori con marchio MTS per i quali il signor Sarri Antonio curava personalmente progettazione e costruzione. La distribuzione divenne da subito a carattere nazionale interessando anche regioni sottovalutate da altre aziende del settore come la Sicilia e la Puglia.

Nel 1996 per adeguare la posizione sociale alle cresciute dimensioni, la MTS, si è trasformata in S.P.A. con 1.032.914,00 euro di capitale sociale. Nel 1997 è stato effettuato un aumento di capitale di oltre mezzo milione di Euro, con lo scopo di capitalizzare sempre più l'azienda per favorirla nei continui investimenti tecnologici.

MTS S.P.A. rappresenta una realtà aziendale importante e significativa, inserita in un tessuto sociale ed imprenditoriale che negli ultimi anni ha subito un forte sviluppo. Nel 2001 il capitale proprio ha superato i 4.800.000,00 euro consentendo alla MTS SPA di disporre di elevatissime risorse da dedicare al mercato ed agli investimenti in risorse umane e tecniche.

Dal 1986 ad oggi, la società è riuscita a stabilire 13 filiali produttive, prima a Roma poi Napoli e Catania, in tutto il territorio italiano, posizionate nei capoluoghi di provincia dalla quale distribuisce il prodotto in tutto il territorio regionale.

La MTS S.P.A. che è ormai ben conosciuta in Italia, circa una decina di anni fa, ha deciso di interfacciarsi anche in Europa, espandendo così i suoi orizzonti che fino ad allora rappresentavano il 10% del fatturato annuo; gli unici due clienti esteri esistenti erano situati in Austria e in Svezia.

Ad oggi l'azienda è presente in numerosi Paesi del mondo, soprattutto a livello europeo, quali Germania Francia ed Est Europa, dove ha creato la sua nuova rete di clienti. Il mercato internazionale rappresenta quindi l'85% del valore delle vendite effettuate lasciando nel territorio nazionale solo il 15%. Questi risultati sono per l'azienda sintomo di grande sviluppo e crescita.

La decisione di commercializzare i propri prodotti nel mercato estero è stata spinta dal fatto che fino a 10-15 anni fa il mercato nazionale era stabile e le prospettive di crescita erano minime. L'obiettivo era continuare a crescere, sfruttare le economie di scala per permettersi nuovi investimenti volti a sostenere costi di produzione importanti cresciuti nel tempo; le filiali regionali italiane si sono trovate a sostenere costi per la gestione del personale sempre più elevati, gli affitti in zone commerciali erano cresciuti. Fu deciso di affiancare alla produzione di marmitte, prodotti di acquisto, ovvero ricambi in genere che acquistati da terzi potessero soddisfare le esigenze del mercato nazionale. Ad oggi, questi prodotti rappresentano per il mercato italiano il 70% delle vendite lasciando così il mercato estero alle marmitte.

MTS negli ultimi cinque anni è cresciuta molto affrontando mercati trasversali; non avendo la struttura, le dimensioni e le capacità tecniche per poter fornire l'*After Market* per il mercato indipendente, l'azienda si è focalizzata nel fornire costruttori di prodotti con volumi inferiori sfruttando l'andamento positivo del mercato. Questo rappresenta un valore importante in vista di una sempre maggiore diversificazione settoriale. Per ottenere tali risultati, per poter rimanere competitivi nel settore industriale per l'automotive, l'azienda deve continuare a crescere ed investire in nuove tecnologie, ed è per questo motivo che ha deciso di adottare determinate tecnologie Industria 4.0.

MTS conta attualmente circa centocinquanta dipendenti.

### **3.3.1.2 MTS e Industria 4.0**

Il primo cambiamento aziendale in termini di innovazione tecnologica è stato circa dieci anni fa quando alcune macchine idrauliche sono state sostituite da quelle elettriche. I vantaggi che ne sono derivati da tale innovazione, sono stati enormi: il motore elettrico ha permesso di aumentare le performance della macchina (aumento della qualità) e di diminuire i consumi relativi sfruttando la capacità di interruzione operativa della nuova tecnologia. Anche i costi

di manutenzione sono diminuiti poiché per la riparazione è possibile isolare la componente danneggiata senza smontare l'intera macchina.

Il passaggio a Industria 4.0 invece, è stato fatto solamente un anno fa, con l'introduzione della prima macchina certificata 4.0. Fu quindi una taglia-tubo laser la prima ad entrare in funzione all'interno del processo produttivo di MTS, seguita successivamente da ulteriori due macchine fora-tubo collegate con il server. È in corso inoltre, un processo di revamping di alcune macchine, ovvero la manutenzione che viene effettuata comprenderà solamente la parte elettronica, che rinnovandola sarà conforme 4.0.

Non altrettanto soddisfacente è stato il rapporto con i fornitori: numerose infatti sono state le difficoltà riscontrate durante la fase di acquisizione dei macchinari. I problemi sorti sono relativi alle caratteristiche proprie della macchina che, essendo di nuova generazione e in linea con le caratteristiche 4.0, sono state prodotte senza tener conto delle esigenze dell'azienda.

Un esempio di mancanza di preparazione da parte dei fornitori durante un'operazione di revamping, riportato dal Direttore Generale durante l'intervista, è stato quando alla consegna della macchina 4.0, sia il venditore titolare che il tecnico non erano a conoscenza di quali parametri dovesse avere il contratto per la consegna della macchina 4.0. È stato dunque necessario rivedere l'intero contratto e riformularlo con nuove sezioni sotto la guida dello stesso Direttore Generale di MTS.

I costi di acquisto per le macchine 4.0 adottate dall'impresa sono stati: 400.000 euro e 200.000 euro per l'acquisto completo di alcune di esse, mentre il costo sostenuto per il revamping è di 60.000 euro.

Le motivazioni principali che hanno spinto MTS ad investire in nuove tecnologie 4.0 sono state la necessità di rimanere competitivi nel mercato, di poter implementare la loro produzione con macchinari in grado di creare componenti con maggior velocità e precisione (aumento della qualità del componente unitario). Un altro fattore importante che ha influito nella decisione d'acquisto dell'azienda è la possibilità di avere una macchina in grado di auto controllarsi senza dover impiegare manodopera dedicata al controllo sull'operato. Non sarà più l'operatore che manualmente a cadenza prefissata deve impostare i comandi della macchina, adesso saranno direttamente i dirigenti che in remoto dall'ufficio possono comandare le impostazioni della macchina lasciando all'operatore il compito di caricare e scaricare i componenti necessari.

Secondo l'intervistato, in Italia, la maggior parte delle imprese scelgono la macchina 4.0 per trarne dei vantaggi fiscali ma non per sfruttare appieno le potenzialità che da essa possono derivare. MTS si è resa conto che, sfruttando la interconnessione tra la macchina e il server

che gestisce tutti i dati in entrata e uscita della macchina e che i risultati o i comandi stessi possono essere a disposizione dell'operatore su appositi tablet, i benefici possono essere molteplici: se prima era delegato alla fantasia del singolo, ora è possibile ottenere riscontri in un lasso di tempo inferiore, ottimizzando dunque i tempi di produzione.

Con la nuova macchina laser a disposizione dell'azienda è stato possibile innovare il prodotto stesso; è stata introdotta una nuova metodologia di lavorazione che ha permesso di migliorare non solo la qualità stessa del prodotto ma anche di affrontare un nuovo segmento di mercato che prima non era alla loro portata.

Infatti, se prima si appoggiavano ad un fornitore terzo per la creazione di un particolare componente, adesso questa necessità non sussiste più.

Un ulteriore vantaggio derivante da una tecnologia 4.0 è il controllo remoto da parte del fornitore. Quest'ultimo si potrà connettere di fatto al software che monitora l'andamento della macchina e risolvere il guasto senza doversi recare in loco. Sarà, in ogni caso, il software stesso che monitorando l'andamento della macchina, segnalerà quali interferenze sono presenti. Un'operazione che con la precedente tecnologia non poteva essere intrapresa.

Il fatturato di MTS, nonostante l'evidente miglioria in termini di prodotto e tempi di produzione, non ha portato ad un aumento del fatturato perché l'introduzione della macchina laser, ad esempio, non ha significato un aumento o una diminuzione delle vendite. Il cliente si comporta, almeno per il momento, sempre allo stesso modo: le sue richieste sono sempre di un determinato prodotto, consegnato nei tempi e ad un prezzo accettabile.

Ad oggi, l'azienda non è ancora in grado di valutare i costi dell'operazione di trasformazione ad Industria 4.0.

Le figure occupazionali all'interno dell'azienda non sono cambiate. La medesima persona che si occupava della macchina precedentemente, sarà la stessa che si occuperà di essa oggi. L'Industria 4.0 di per sé non ha portato alla necessità di creare nuove proposte di lavoro per svolgere compiti specifici. È però pur sempre vero che le caratteristiche richieste per le future assunzioni dovranno essere un po' più qualificate di quelle precedenti. Successivamente al personale già presente e a quello nuovo che sarà introdotto in azienda, sarà svolto un corso di aggiornamento per imparare nuove funzionalità della macchina.

Non sono stati necessari licenziamenti, le macchine certificate 4.0 non hanno sostituito il lavoro dell'uomo all'interno dell'azienda; ciò che è cambiato è l'attenzione nell'inserire i dati all'interno del software della macchina, in modo che siano precisi e fruibili per poter far lavorare lo strumento come da programma.

Il desiderio espresso dal Direttore Generale è che in un futuro non troppo lontano, le macchine nuove possano lavorare h24 tutti i giorni della settimana. Quest'obiettivo potrebbe

essere perseguibile già da oggi ma vi sono alcuni aspetti che ne vincolano la fattibilità. In primo luogo, dovrebbero essere creati nuovi turni di lavoro durante i giorni festivi, così che, una volta caricata la macchina, questa possa lavorare in modo autonomo. Un altro aspetto è legato alla responsabilità, che si deve assumere il singolo operaio in assenza del capofabbrica, e alla sicurezza che deve essere garantita durante il turno di lavoro.

All'interno di MTS il gruppo di R&S è formato da sei progettisti e ingegneri che creano e sviluppano nuovi prodotti o ne traggono ispirazione dall'*After Market*. Una volta creato il progetto con il cliente, l'industrializzazione si occupa di trasformare in reale ciò che è stato ideato. La valutazione di nuove possibilità di investimento in macchinare conformi al 4.0, spetta al capofabbrica o al Direttore Generale.

Il mercato della concorrenza per la società non rappresenta un punto di riferimento sulla quale effettuare le proprie valutazioni poiché molti comportamenti delle aziende concorrenziali non sono dettati dalle loro volontà ma da gruppi societari più grandi che con le loro decisioni influenzano il mercato di riferimento.

MTS ha usufruito degli incentivi governativi messi a disposizione dal governo e nei primi mesi del 2019 gli verrà concesso l'iper ammortamento: un'agevolazione fiscale che porterà l'azienda all'acquisto di un macchinario 4.0 ad un prezzo quattro volte inferiore il costo originario.

### **3.3.2 Intervista all'azienda IMO S.r.l.**

#### **3.3.2.1 La storia aziendale**

Negli anni '60, Vicenza era considerata il distretto orafa più importante in Europa, assieme a Pforzheneim in Germania. È proprio nel cuore di questo distretto che, nel 1968, Giuseppe Corrado, abile commerciante nel mercato estero, sfrutta le sue capacità e competenze nel settore di produzione orafa, per fondare la società IMO Sp.a.. Già da dieci anni, Corrado era rappresentante orafa in Germania, con la sola produzione di oreficeria "normale". In seguito ad un aumento del flusso di commercianti italiani che invasero il mercato tedesco svalutando di molto la semplice oreficeria, Giuseppe decise di cambiare tipologia di prodotto focalizzandosi solamente nella produzione del bracciale porta orologio. Fonda così la società con un altro socio e si concentra in un mercato composto per l'80% da clienti esteri, in particolar modo nel Nord Europa e negli Stati Uniti. Essendo questa una nicchia ristretta, la IMO diventa presto una delle maggiori aziende esportatrici (IMO S.r.l., <http://www.imo.it/>).

Negli anni '70, la IMO, successivamente a risultati positivi, decise di aggiungere alla produzione di bracciali con una nuova linea di orologi completi di casse in oro. All'interno

della società fu costruita un'officina meccanica che, con moderni macchinari, permise di autogestire la realizzazione di stampi per la produzione e di poter rispondere ad una crescente domanda da parte della clientela.

Il ventennio che precede il XXI secolo, è stato per la IMO un periodo proficuo e di grande sviluppo.

I mercati di riferimento per l'azienda rimangono Vicenza, Las Vegas, Hong Kong e Basilea. La Svizzera, pur essendo una destinazione economicamente vantaggiosa, viene appositamente evitata da Corrado per non subire la concorrenza di alcuni suoi colleghi e amici produttori orafi vicentini, che già erano presenti da qualche anno nel mercato Svizzero. Come linea guida generale, perseguita dall'imprenditore orafo, è quella di aggirare in qualche modo la concorrenza e lavorare dunque in tutti i mercati che avrebbero potuto offrire le migliori possibilità di crescita.

Negli anni 2000, l'azienda IMO soffre la sua più grande crisi, dovuta dalla crescita esponenziale del prezzo dell'oro. Un bracciale in oro aveva raggiunto un prezzo al dettaglio di quasi 40.000 euro, un costo che per molti non fu più adeguato a un orologio proveniente da una private label come la IMO.

I clienti si riversarono nel mercato Svizzero che offriva prodotti, seppur allo stesso prezzo, certificati da marchi riconosciuti a livello globale.

Questo ostacolo ha cambiato drasticamente le aspettative e il commercio della società. Infatti, fu deciso di mettersi a disposizione di alcuni grossisti italiani che, nonostante la perdita di una certa indipendenza, diede la possibilità a Corrado di crescere e di imparare a produrre gioielleria. La base tecnologica ed esperienziale messa a disposizione dai grandi grossisti mise in contatto l'imprenditore vicentino con alcune delle più rinomate Griffe mondiali come Cartier, Bulgari e Tiffany, oltre che a costruire una rete di contatti con varie Federazioni e Associazioni industriali. L'azienda ad oggi non esporta dunque più direttamente il suo prodotto all'estero ma distribuisce in Italia come primo contatto diretto.

Un momento significativo per l'azienda fu quando in seguito alla crisi che colpì l'oro nei primi anni 2000, il socio di Corrado si allontanò portando quest'ultimo a dover trasformare la società da S.pa. a S.r.l.

Il futuro dell'azienda, nonostante la perdita del socio, fu sempre ben saldo nelle mani dei figli, che entrarono apportando nuove competenze. Fu proprio sulla base conoscitiva informatica del figlio maggiore, che spinse Corrado ad investire sempre più in nuova tecnologia. Il valore aggiunto apportato dal figlio riguardava la completa conoscenza delle macchine a controllo numerico: sfruttando la sua capacità nel settore, la IMO crebbe molto e continuò a mantenere il vantaggio competitivo che si era creata nel corso degli anni.

L'ammontare del fatturato relativo all'ultimo bilancio approvato è di circa un due milioni.

### **3.3.2.2 IMO e Industria 4.0**

Giuseppe Corrado è un imprenditore di successo che ha fondato la sua fortuna nella continua ricerca tecnologica, con lo scopo di migliorare la qualità dei suoi prodotti. Tecnologia chiave all'interno dell'azienda è il "centro di lavoro"<sup>12</sup>, che fino a qualche anno fa era formato a quattro o cinque assi. A disposizione della IMO ad oggi è presente un centro di lavoro a dieci assi, una macchina che è stata replicata solo sette volte in tutto il mondo. La produzione è giapponese e la loro decisione di arresto nella sua creazione ha fondamento nella complicità di utilizzo. Nonostante la garanzia sulla macchina fornita, si è ritenuto che il dipendente in grado di utilizzare tale centro di lavoro diventasse troppo fondamentale per l'impresa tanto da diventare egli stesso un potenziale pericolo.

L'approccio ad Industria 4.0 avvenne circa cinque anni fa, con l'acquisizione della prima macchina a taglio laser certificata 4.0.

Negli anni successivi, merito di risultati profittevoli e delle crescenti capacità tecnico informatiche del figlio maggiore, gli investimenti in nuove tecnologie sono aumentati. Ad oggi, l'azienda dispone di robotica in produzione, di stampanti 3D per la creazione e modellazione di nuovi componenti, di macchine laser per un taglio preciso e di scanner 3D. I Big Data che ne derivano dalle macchine vengono gestiti da un apposito software gestionale e vengono salvati su Cloud così che possano essere disponibili da tutti i dipendenti.

Durante la fase di lavorazione vengono sfruttate tecnologie a realtà aumentata e sistemi di IoT per poter comunicare e collaborare direttamente con le aziende richiedenti il lavoro. È richiesta quindi una certa precisione.

Ciò che spinse la IMO ad investire in nuova tecnologia fu fin dal principio il desiderio e l'ambizione di differenziarsi dalla media, di ottenere un vantaggio dai propri concorrenti.

La motivazione alla base del cambio di prodotto ha origine dalla sopravvenuta necessità di una svolta per poter continuare ad essere competitivi nel mercato. Fu quindi messa da parte la produzione di orologi per dare spazio alla gioielleria. Ad oggi, la IMO è un'azienda leader nel settore se si considera il mercato vicentino e dintorni.

I risultati dall'implementazione di Industria 4.0 sono ben visibili: la qualità e la velocità della produzione hanno avuto un incremento esponenziale.

---

<sup>12</sup> Il "centro di lavoro" è una macchina utensile dotata di controllo numerico in grado di eseguire più operazioni meccaniche con un solo set-up su più superfici dello stesso pezzo di lavoro. È in generale dotato di più assi di moto e di un sistema di scambio utensile automatico.



Nonostante gli incentivi messi a disposizione dal governo, il fatturato è tutt'ora appesantito dai costi sostenuti per l'acquisizione delle tecnologie 4.0.

Un importante obiettivo invece, che Industria 4.0 ha permesso di raggiungere, è l'introduzione di una nuova tipologia di servizio. Su richiesta dei marchi per cui lavora la IMO infatti, vengono prodotti semi-lavorati che successivamente vengono consegnati ad orafi che terminano il lavoro in risposta alle esigenze del marchio stesso o dei clienti.

I costi per la produzione "4.0" sono diminuiti, la produzione stessa è aumentata, ci sono macchine che lavorano H24 e possono essere controllate a distanza. La qualità del prodotto è migliorata sino a raggiungere un tale livello che, prima dell'adozione delle nuove tecnologie, era impossibile da raggiungere. Un aumento è visibile anche nel prezzo finale del prodotto.

Durante l'incontro è stato dunque affermato di non avere più concorrenza per quanto riguarda il mercato di riferimento.

I cambiamenti all'interno dell'organizzazione aziendale sono stati innumerevoli. Nel corso degli ultimi 15-20 anni, il numero di dipendenti è diminuito di oltre un quarto. Questa drastica diminuzione è dovuta principalmente dall'introduzione di nuova tecnologia nel reparto produttivo. Il lavoro era prevalentemente fatto a mano mentre ora non è più necessario un numero elevato di manodopera; sarà sufficiente un minimo controllo sull'operato della macchina. Ad oggi, le tecnologie 4.0 hanno trasformato la tipologia occupazionale aziendale necessaria, non si salda più con la fiamma ma si utilizza il laser al 100%.

La gestione amministrativa ha ampliato il ramo di compiti dovuti. È a loro richiesto il mantenimento dei rapporti con le numerose aziende clienti e il controllo di garanzia che l'oro acquistato provenga soltanto da fornitori certificati.

Non sono stati fatti licenziamenti veri e propri, ma è stato lo stesso personale che, notando il mutare delle cose, ha deciso di cambiare settore lavorativo. Inoltre, chi era prossimo alla pensione non fu più sostituito. Non sono previste nuove assunzioni ma solamente corsi di formazione per il personale, questo dovuto anche dal fatto che la programmazione delle nuove macchine è svolta quasi totalmente dal figlio dell'imprenditore.

All'interno della società soltanto il capofabbrica e il figlio di Corrado si occupano di innovazione.

### **3.3.3 Intervista all'azienda BFR Meccanica S.r.l.**

#### **3.3.3.1 La storia aziendale**

L'azienda BFR nasce a Cessalto (TV) nel 1984, dall'idea di Luciano Benedet, Ivano Franzin e Aldo Rivaben. Il marchio aziendale è rappresentato dal disegno tecnico dell'ingranaggio del

moto che ne identifica anche la mission: lavorazioni meccaniche di precisione. Negli anni '90 l'azienda si vede ad affrontare un'importante crisi economica nel settore delle lavorazioni meccaniche ma grazie al continuo impegno nel migliorare la qualità dei suoi prodotti, BFR riesce a uscirne indenne, con nuove conoscenze e consolidate competenze. Il decennio 1995-2005 è un periodo di grande cambiamento per l'azienda. In un primo momento cambia la ragione sociale e diventa una S.r.l. trasferendo la sede principale in Via degli Olmi a Treviso. Successivamente acquista un nuovo capannone e inaugura la nuova sede di Lancenigo, rilevando un'officina già preesistente (BfrMeccanica, <https://www.bfrmeccanica.it/>).

Nel 2005 la BFR Meccanica, con la partnership con Emme 5 S.r.l., diventa un Gruppo e nel maggio dell'anno successivo, con l'obiettivo di fornire saldature speciali di qualsiasi tipo e su qualsiasi materiale e carpenteria, grazie a un personale qualificato, nasce la MPM S.r.l.

L'ultima acquisizione da parte del Gruppo è stata quella della SPICO Meccanica S.p.a. e ad oggi il Gruppo BFR può contare su una certa esperienza nel mercato mondiale e su un importante bagaglio di *know-how*, rendendo l'azienda sempre più competitiva e selettiva (BfrMeccanica, <https://www.bfrmeccanica.it/>).

L'azienda opera essenzialmente per lavorazioni conto terzi, che è anche il core business, differenziandosi in settori come il siderurgico, il navale e il nucleare. Sono tutti settori di primaria importanza nel mercato mondiale e ognuno di questi basa la propria crescita nella meccanica.

Non è solo lavorazione conto terzi, ma all'interno dell'azienda è presente anche una parte di progettazione dove si lavora per rispondere a specifiche richieste del cliente. Quest'ultimo si appoggia dunque a BFR fornendo loro un'idea o progetto, che viene successivamente elaborata e riproposta al cliente per l'approvazione finale prima della sua messa in produzione.

Nella sede principale sono presenti cinquanta dipendenti e considerando l'intero Gruppo, il totale di colletti bianchi e blu è di circa centocinquanta.

### **3.3.3.2 BFR e Industria 4.0**

Il Gruppo BFR si è affacciato ad Industria 4.0 meno di un anno fa ma le prospettive di crescita sono decisamente aumentate. Hanno introdotto in azienda delle nuove macchine certificate 4.0, operanti nella parte meccanica. Sono comunque presenti tutt'oggi delle macchine meno prestazionali rispetto a quelle di nuova acquisizione ma che permettono di effettuare dei lavori che, paradossalmente, le tecnologie 4.0 non riescono ancora. Gli obiettivi del Gruppo sono di continuare ad acquistare delle tecnologie 4.0, come macchine a controllo numerico di ultima generazione, che permettano all'azienda di raggiungere standard di produttività più elevati.

Cercano nelle nuove macchine 4.0 la possibilità di creare dei pezzi unici, con un grado di complessità che prima era difficile da raggiungere. Le parole chiave che guidano gli investimenti di BFR sono quantità e qualità della produzione.

Il passaggio più rilevante per l'azienda nel 4.0 avverrà nel corso del prossimo anno; è infatti nel programma aziendale, l'introduzione di tre magazzini automatici certificati 4.0 e di uno verticale, i quali verranno collegati con il nuovo software gestionale.

Momentaneamente sono scollegati ma dopo l'implementazione a sistema, i magazzini saranno collegati l'uno con l'altro. Sarà possibile gestire i quattro magazzini in remoto con una velocità neanche lontanamente paragonabile a quella attuale. Le commesse che verranno acquisite saranno gestite più rapidamente, sarà possibile gestire con precisione i cicli di lavoro produttivi, rilevandone i tempi fase per fase che ad oggi sono ancora svolti manualmente da un singolo operatore.

Tutti i dipendenti operanti con le macchine avranno accesso alle procedure di controllo che precedentemente erano svolti dagli addetti al controllo qualità. Tutte le macchine a controllo numerico saranno collegate e potranno essere monitorate e gestite tramite appositi tablet.

I settori aziendali dunque, che saranno soggetti di trasformazione, sono il reparto produttivo e quello di gestione delle merci.

Durante l'incontro, l'intervistato ha dichiarato che l'azienda nel corso degli anni è diventata una struttura complessa e che richiede un supporto tecnologico adeguato a monitorare i processi aziendali. Questo in chiave di semplificare il controllo durante le fasi produttive dislocate nelle diverse sedi.

È compito di un dipendente seguire e aggiornare su quali nuovi finanziamenti vengono emessi dalla Regione o dallo Stato.

I risultati che ne derivano dall'introduzione delle tecnologie 4.0 sono riscontrabili principalmente nella qualità di prodotti. Spesso quantità e qualità non sono sinonimo di crescita parallela: non sempre ad una maggiore quantità di output corrisponde una qualità superiore dello stesso. BFR con le nuove macchine a disposizione è riuscita a sviluppare una nuova gamma di prodotti che prima era inaccessibile. Il business rimane il medesimo perché i settori di riferimento non mutano, ma aumentando le dimensioni del prodotto sono riusciti a togliersi da quella fascia di mercato in cui le possibilità di crescita sono ridotte. Con questa nuova gamma di prodotti ci si attende profitti sempre maggiori rispetto a quelli paragonabili per la vendita del componente di minori dimensioni.

I costi per la produzione sono diminuiti perché le nuove tecnologie permettono di lavorare ad una velocità più elevata e ad un costo orario superiore alla classica piccola impresa.

Il nuovo sistema gestionale e quindi il cambio di ottica nel sistema di lavoro porteranno senza dubbio benefici ma saranno necessari degli interventi in termini di nuove assunzioni che seguano l'attività di ufficio e controllo produzione. Al contrario non sono in programma tagli al personale poiché BFR non investe in robot industriali. Il lavoro manuale del dipendente non verrà sostituito e al momento comanda ancora il 90% della parte meccanica.

Secondo l'imprenditore intervistato, la maggior parte delle PMI non può permettersi braccia robotiche per lavori in serie a causa delle grandezze strutturali delle aziende e dal tipo di lavoro e/o settore di riferimento che richiede lavori specifici su richieste diverse da cliente a cliente.

Il numero di fornitori presso i quali si appoggia il Gruppo BFR è aumentato negli ultimi tre/quattro anni del 30%, dovuto da un aumento della quantità di lavoro e dall'introduzione di Industria 4.0.

Molte aziende hanno investito in essa e con esse anche i relativi fornitori. Per questi motivi, a differenza degli anni passati, BFR ha lavorato molto nel mercato italiano.

I clienti diretti del Gruppo sono prevalentemente italiani per i quali producono componenti che solo successivamente sono venduti nel mercato italiano o estero. Il 70% dunque di ciò che viene venduto è destinato al mercato italiano mentre il restante 30% è per la commercializzazione oltre confine.

L'azienda non fa uso dell'e-commerce ma gli unici strumenti a cui fa capo sono la pagina web, la pagina Facebook, LinkedIn, Instagram e Youtube. Il sito aziendale è visitato in molti Paesi del mondo e alcuni di questi propongono anche delle offerte per i loro prodotti. La base informatica e media dell'azienda non è risultata però un prerequisito fondamentale per l'introduzione di Industria 4.0.

Le problematiche a cui va incontro la società non sono legate al 4.0 ma alla crescente mancanza di personale che si "abbassi" a lavorare con delle macchine utensili.

### **3.3.4 Intervista all'azienda Galdi S.r.l.**

#### **3.3.4.1 La storia aziendale**

L'iscrizione nel Registro delle Imprese della Galdi S.r.l. di Candiotto Galdino, fu nel 1985, ma il primo prototipo di riempitrice semi-automatica per liquidi in cartoncino fu nel 1970. Agli inizi la Galdi era una piccola latteria di famiglia che con la prima prototipazione di riempitrice raggiunse l'obiettivo di automatizzare e velocizzare i processi manuali che li caratterizzavano fino a quel momento. Nel corso di dieci anni l'azienda di famiglia cresce e si trasferisce a Montebelluna per continuare la produzione in serie di macchine riempitrici di

cartoncini rettangolari. Il decennio 1983-1993 è stato per la Galdi molto produttivo, un periodo che si è caratterizzato per l'introduzione di nuove macchine più performanti e innovative (Galdi, <https://www.galdi.it/>).

Nel 1993 l'impresa individuale si trasforma in una S.n.c. e con questa trasformazione decide inoltre, di organizzarsi e internazionalizzarsi, siglando accordi di collaborazione con i maggiori fornitori di packaging. Il primo traguardo tecnologico fu nel 2000, quando fu brevettato un esclusivo sistema di riempimento chiamato Ultra Clean System, grazie al quale le macchine possono riempire e sterilizzare i contenitori in ambiente controllato e pulito. Nel 1998 fu acquisita la Century S.r.l., implementando in questo modo la gestione diretta di tecnologie specializzate nella lavorazione di acciaio inox. A partire dagli anni 2000 invece l'attenzione verso la qualità totale dei propri prodotti, porta la Galdi ad investire molto nel reparto di R&S, che grazie al costante studio porta la società ad ottenere certificazioni come ISO 9001, ISO 9002, e VISION 2000 (Galdi, <https://www.galdi.it/>).

La Galdi si trasferì nell'attuale sede di Postioma di Paese (TV) nel 2006, avendo così a disposizione oltre 4.000 mq per la produzione e 1.200 mq per uffici amministrativi e tecnici. Cinque anni dopo il trasferimento aziendale, a Mosca e successivamente in Marocco, fu aperto il primo centro di assistenza Galdi con lo scopo di fornire assistenza in loco, con estrema velocità ed efficienza, ai numerosi clienti esteri. L'ultima Business Unit creata da Galdi ha sede a Shanghai, la quale permetterà di sviluppare e affrontare il mercato cinese (Galdi, <https://www.galdi.it/>).

Galdi ad oggi è competitiva a livello mondiale nella progettazione, realizzazione, installazione e manutenzione di macchine riempitrici per prodotti della filiera lattiero casearia e per prodotti non prettamente liquidi come spezie, zucchero, ecc.

È un'azienda in continua crescita che investe molto nel personale e in nuove tecnologie. Si sviluppa maggiormente all'estero con la creazione di sempre nuove "Strategic Business Unit", quali Mosca, Casablanca, USA, Shanghai e Algeri, nella quale posizionare magazzini e uffici di assistenza tecnico commerciale. Il 99% del fatturato è dato dall'export.

#### **3.3.4.2 Galdi e Industria 4.0**

Il mercato dell'After Sales è cresciuto molto negli ultimi anni ed è su questo che si fondano le prospettive di crescita della Galdi. Proprio per questi motivi sono stati sviluppati due importanti progetti di IoT: il MASH e il TYE.

Il progetto MASH prevede lo sviluppo di una piattaforma che permetta di prevedere la rottura delle macchine. In questo modo sono in grado di anticipare di una settimana eventuali problematiche o eventuali rotture. Il MASH è un sistema che trasferisce i dati dalla macchina

alla piattaforma. È stata sviluppata inoltre, una applicazione scaricabile su dispositivi mobile, attraverso i quali i clienti possono vedere in tempo reale le performance delle macchine. Per contro, l'azienda stessa ha la possibilità di monitorare e analizzare i dati emessi dalla macchina per migliorare costantemente il servizio offerto ai clienti.

Il secondo progetto prende il nome di TYE, ovvero una piattaforma di comunicazione che permette di scambiare immagini in tempo reale con i tecnici fisicamente vicini alla macchina. Vengono quindi utilizzati smart glasses, tablet e smartphone per condividere le immagini con l'help desk aziendale, il quale potrà fornire file o video per assistere nel miglior modo possibile il tecnico. È questo uno strumento che permette alla Galdi di garantire maggiore sicurezza di assistenza ai clienti che, talvolta lavorando di notte, hanno timore di rimanere bloccati.

A livello IT (Information Technology) sono stati digitalizzati molti processi, è stato implementato il MESS, un sistema di raccolta ed elaborazione dati i produzione che permette di monitorare in tempo reale lo stato di avanzamento di una commessa. Questi dati possono essere scaricati in aggregato da ogni dipendente al fine di considerare eventuali ritardi. Un altro esempio di digitalizzazione apportato in azienda è il controllo degli ingressi; non è più effettuato tramite cartaceo ma in modo digitale.

Sono stati introdotti inoltre:

- Software per la tracciabilità del life cycle di una macchina: permette all'azienda di conoscere l'origine di tutti i componenti e fornire al cliente un servizio evoluto e soprattutto in tempi più competitivi.
- In ambito amministrativo sono stati introdotti software che automatizzano e semplificano l'operato dei dipendenti, velocizzando i tempi di controllo e riducendo i margini di errore.
- In ambito acquisti è stato implementato un programma di gestione condiviso con i fornitori che fornisce loro la possibilità di inserire dati di conferma.

L'azienda non fa uso di braccia robotiche perché non hanno una produzione ripetitiva, il loro core business è lo sviluppo prodotto e la messa a punto. Molti dei componenti vengono creati da fornitori esterni.

Galdi dispone nel reparto produttivo di una macchina taglio laser che è stata acquistata circa 2 anni fa. Lo sviluppo 4.0 da parte della società è però focalizzato nell'IoT e nell'utilizzo dei Big Data.

Il numero di dipendenti all'interno della sede principale è di novanta persone e considerate le sedi estere il totale è di circa centodieci dipendenti.

È però questo, un numero in costante crescita: con la rivoluzione tecnologica sono state create nuove opportunità di inserimento in azienda. Ciò che è stato necessario non è ridurre il personale a disposizione ma riformarlo attraverso appositi corsi di formazione. Sono richiesti nuovi profili con competenze di programmazione specifica. Non sono più prerequisiti meramente meccanici, ma mecatronici, che abbiano magari nel loro bagaglio esperienziale, dei corsi di formazione in ambito elettrico e di software gestionale.

Le nuove assunzioni sono state fatte in ambito R&S per la simulazione di certe operazioni, e per la continua implementazione del progetto MASH.

Quest'ultimo progetto è cominciato nel 2016 ed è stato presentato, durante la fiera organizzata da Galdi, nel 2018.

I risultati che ne derivano non sono ancora misurabili ma ciò che fino ad ora è riscontrabile è un miglioramento della qualità dei prodotti, che si trasforma in una riduzione dei reclami. Con Industria 4.0 i processi si sono stabilizzati, hanno alzato il livello di efficienza riconosciuto dai clienti.

I volumi dell'*After Sales* sono aumentati grazie ad una combinazione tra crescita aziendale e tecnologie 4.0.

Per lo sviluppo dei progetti di IoT sopra citati, non si sono appoggiati a terzi ma è stato preferito internalizzare il processo di implementazione per acquisire e successivamente disporre di nuove competenze. L'azienda però collabora con Eurotech per lo sviluppo tecnologico.

Il General Manager di Galdi ritiene che le competenze pregresse nell'ICT siano importanti ma non fondamentali per iniziare un nuovo approccio di tipo 4.0, infatti l'azienda sta sviluppando contemporaneamente l'e-commerce con l'IoT. Ad oggi l'e-commerce rappresenta il 50% del business societario.

I social media non sono risultati necessari per un'implementazione 4.0 ma hanno aiutato ad aumentare la visibilità sia per attirare nuovi talenti che per promuovere i propri prodotti verso nuovi clienti.

L'azienda Galdi non ha usufruito degli incentivi messi a disposizione dal governo se non del credito d'imposta. Sono stati sfruttati però, i bandi per l'innovazione e la collaborazione con l'Università di Padova, con la quale ha fondato una RIR (Rete Innovativa Regionale) per lo sviluppo di un progetto per la manutenzione predittiva. Gli incentivi per l'acquisto di macchinari 4.0 non sono stati utilizzati perché la società investe maggiormente in Intelligenza, competenze e processi.

Le problematiche riscontrate dalla Galdi nel processo di implementazione delle tecnologie 4.0, sono state durante la selezione del personale. Sono richieste infatti, competenze

specifiche; il problema dunque è riuscire ad attirare nuovi talenti e proporre loro progetti innovativi.

### **3.3.5 Intervista all'azienda Secco Sistemi S.p.a.**

#### **3.3.5.1 La storia aziendale**

La Secco Sistemi ha sede a Preganziol (TV) ed è una delle aziende leader in Italia nella produzione di sistemi per serramenti e facciate in materiali pregiati quali acciaio Inox, acciaio zincato, acciaio Cor-Ten e ottone. L'azienda nasce dalle ceneri delle vecchie industrie Secco che si occupavano di produrre profili in acciaio per serramenti. Prima del fallimento della fine degli anni '80, e quando l'acciaio era il serramento per eccellenza, l'azienda si occupava della grande distribuzione ed era leader italiano e internazionale di serramenti in acciaio. Fu quando nacque il serramento in alluminio e successivamente in PVC, che, una volta preso il posto dell'acciaio per quanto riguarda i serramenti a basso costo, l'industria Secco fallì.

Nel 1995, in seguito al fallimento, il marchio è stato rilevato da un gruppo di dirigenti e dall'Ing. Alberto Agostini, attuale amministratore delegato. Consapevoli delle potenzialità dell'azienda nell'utilizzo dell'acciaio come prodotto di lusso e di nicchia. Diminuendo il numero di dipendenti e investendo nell'innovazione, la Secco Sistemi è diventata la prima azienda in Italia a commercializzare serramenti in materiali innovativi come l'acciaio e l'ottone, entrando in un mercato a loro nuovo: quello dei serramenti di lusso.

La sede principale è composta da uno stabilimento di oltre 40.000 mq e conta circa cinquantacinque dipendenti tra ufficio e produzione, più ulteriori quindici agenti tra Italia e Estero. L'ufficio tecnico è composto da cinque persone impiegati per lo sviluppo prodotto e una persona destinata esclusivamente alla R&S. Nell'ufficio produzione invece sono presenti tre dipendenti che si occupano di industrializzazione di nuovi prodotti non destinati alla vendita ma ad un utilizzo interno; sono questi soggetti che all'interno dell'azienda valutano insieme ad altri soggetti dirigenti, le future acquisizioni di macchinari certificati 4.0.

Il fatturato della Secco Sistemi risultante dall'ultimo bilancio approvato è di circa 17 milioni di euro ed è in continua crescita. Il 50% del fatturato deriva da esportazioni presso Paesi esteri e il 50% rimanente dal commercio nel mercato italiano. Le prospettive di crescita previste dall'azienda tenderanno ad aumentare la percentuale di export soprattutto verso Paesi come Russia, Germania, Stati Uniti e Cina, con i quali intrattengono già rapporti internazionali.



### **3.3.5.2 Secco Sistemi e Industria 4.0**

Secco Sistemi si è accorta che, per rimanere competitivi e non trovarsi impreparati nel corso dei prossimi anni, adottare tecnologie che siano conformi a i4.0 risultasse necessario. Studiando i concorrenti nel mercato di riferimento e non solo, hanno intuito che il 4.0 sarà il destino dell'impresa italiana e mondiale. Secondo l'azienda, diventare 4.0 significa automatizzare la maggior parte dei processi, dove il dialogo tra macchine e sistema gestionale sarà fondamentale. Non c'è stato un contatto diretto con i concorrenti ma è stata solamente analizzata la tendenza di mercato.

La principale preoccupazione che ha la società nel breve termine, è se l'implementazione a questi sistemi 4.0 comporteranno un onere in più per l'operatore, che si troverà costretto a seguire il Pc complicando il suo attuale lavoro. Sono però altrettanto consapevoli che è un investimento necessario che non può essere temporizzato ulteriormente: introdurre una macchina 4.0 nel sistema produttivo implica un software di sviluppo, delle simulazioni di prova, la taratura del software gestionale, ecc. Questi interventi prima o dopo saranno necessari per l'attività di impresa e la possibilità di sfruttare gli incentivi governativi è, ad oggi, lo stimolo giusto per cominciare ad investire.

L'implementazione a i4.0 porta con sé una serie di vantaggi che l'azienda Secco Sistemi si attende: aumento nell'efficienza produttiva e nella sua attuazione, sistematizzare e formalizzare le informazioni relative ai prodotti, riduzione del margine di errore dovuto dalla registrazione manuale delle informazioni, diminuzione dei tempi di trasmissione delle informazioni (attualmente vengono consegnati a mano documenti cartacei), maggiore controllo nei tempi di consegna e garantirne quindi un più alto livello di affidabilità.

L'obiettivo finale dunque, è ottenere uno standard di efficienza e qualità più elevato, ovvero una maggiore produttività e competitività nel mercato.

Il passaggio ad Industria 4.0 è avvenuto nel 2017 e nel corso degli ultimi due anni sono state introdotte nel reparto produttivo cinque macchine: nello specifico si tratta di tecnologia per il taglio laser e per la schiumatura.

I risultati e i relativi benefici non sono ancora riscontrabili in modo chiaro, ma le potenzialità si: la produttività tende ad aumentare poiché la disponibilità a sistema del prodotto finito non è più un procedimento manuale di scambio di informazioni, ma è la macchina stessa che in automatico ti rende disponibile il componente una volta pronto. La qualità del prodotto sta crescendo dato il costante calo del margine di errore.

Il caricamento automatico dei dati sostituirà quello manuale svolto tutt'ora da un dipendente, il quale potrà disporre di una quantità di ore maggiore per dedicarsi a lavori a più alto valore aggiunto. In questo modo però si creerà una mansione aggiuntiva per il personale in ufficio,

che avrà l'onere di controllare che i dati che la macchina passa al sistema in modo automatico, perlomeno nel periodo di rodaggio, siano corretti.

Il modello di business non è cambiato; sono state semplicemente adattate alla produzione le nuove tecnologie 4.0 senza modificare il prodotto.

All'interno dell'azienda sono stati svolti corsi di formazione per il personale e ne saranno programmati altri per consentire ad ogni operatore di poter gestire i nuovi sistemi in via di implementazione.

Ad oggi non sono in programma nuove assunzioni o riduzioni del personale, ma soltanto una redistribuzione interna delle competenze.

Le difficoltà che la Secco Sistemi sta affrontando sono legate al linguaggio informatico proprio delle macchine; la tecnologia 4.0 infatti, dialoga con un linguaggio differente dalle macchine più vecchie e se disposte entrambe nello stesso reparto, insorgono delle problematiche per il funzionamento congiunto.

### **3.4 Confronti tra imprese**

#### **3.4.1 Confronto tra le aziende in esame**

Conducendo interviste in azienda è stato possibile confrontarsi direttamente con imprenditori o manager aziendali, e ciò che traspare dalle loro esperienze è che la realtà delle PMI è ancora legata al vecchio concetto di impresa, attenta a massimizzare i profitti riducendo al minimo i costi; indice di una bassa inclinazione ad investimenti tecnologici, ancora in via di sperimentazione, con un profitto atteso legato al medio-lungo periodo.

Tutte e cinque le aziende selezionate però, hanno confermato di avere una buona conoscenza di ciò che è i4.0 e delle sue potenzialità. Sono consapevoli che il piano nazionale per lo sviluppo d'impresa tramite agevolazioni fiscali, non è mirato ad una semplice sostituzione di una macchina ormai "vecchia" con una "nuova". Il progetto che, essendo investitori 4.0, hanno condiviso le aziende, è quello di una serie di investimenti in tecnologie che andranno ad implementare il sistema gestionale e produttivo, e che saranno complementari alle macchine utensili certificate 4.0 già introdotte.

Tabella 4. Analisi aziende intervistate

	SETTORE MERCEOLOGICO	NUMERO DIPENDENTI					FATTURATO					ANNO ADOZIONE 4.0	TECNOLOGIE 4.0 ADOTTATE	OBIETTIVI 4.0
		2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018			
<b>MIS SPA</b>	Automobilistico	166	176	144	198	150	36.532.202	38.125.875	38.867.640	37.346.088	38.513.807	2017	Macchine utensili IoT/control embedded	Revamping Macchine utensili
<b>IMO.SRL</b>	Gioielleria	13	15	14	19	25	1.136.088	1.672.833	1.713.493	2.083.712	2.372.415	2014	Macchine utensili IoT/control embedded Robotica Stampante 3D Cloud Scanner 3D	Macchine utensili
<b>BFR MECCANICA SRL</b>	Meccanica di precisione	61	55	55	55	50	11.047.108	11.180.824	9.986.275	12.886.339	12.355.923	2018	Macchine utensili	Magazzini automatici Macchine utensili IoT/control embedded
<b>GALDISRL</b>	Alimentare	73	79	85	84	90	19.286.602	16.603.279	24.720.350	20.286.246	23.003.120	2016	Macchine utensili IoT/control embedded Big Data	Sviluppo IoT
<b>SECCO SISTEMI SPA</b>	Edilizia	49	49	56	54	55	13.592.781	15.228.917	15.602.464	17.041.920	18.046.762	2017	Macchine utensili IoT/control embedded	Macchine utensili

Fonte: Elaborazione personale da AIDA

Nella Tabella 4<sup>13</sup> si confrontano le diverse aziende in esame sotto le variabili:

- *Settore di riferimento*
- *Dipendenti nel periodo 2014-2018*
- *Fatturato nel periodo 2014-2018*
- *Anno di adozione della prima tecnologia 4.0*
- *Tecnologie 4.0 adottate dall'azienda*
- *Obiettivi aziendali 4.0*

Come si è già potuto vedere, i prodotti finali delle aziende sono destinati a mercati diversi. È stato selezionato un campione di aziende venete con una simile distinzione per poter capire come è stata introdotta i4.0 all'interno del sistema organizzativo aziendale nei diversi settori di appartenenza.

Ciò che risulta da una prima analisi è come le società in esame hanno adottato tecnologie di i4.0 da non più di due anni, ad eccezione della IMO Srl, che già nel 2014 ha configurato la sua produzione. Questi dati dimostrano come in Italia, la propensione all'innovazione tecnologica sia sempre stata un fattore delicato per molte imprese, soprattutto se di piccole o medie dimensioni. Si è deciso di confrontare i dati di bilancio degli ultimi cinque anni (dal 2014 al 2018) per valutare come sono cresciute le aziende. È stato scelto un tale arco temporale poiché comprensivo dell'annata di introduzione di i4.0 in società.

Il fatturato risultante dal bilancio dell'anno 2018 è stato calcolato secondo una previsione relativa ai precedenti quattro esercizi sociali<sup>14</sup>.

Le aziende che hanno registrato un significativo incremento dei propri ricavi di vendita, sono la IMO Srl e la Secco Sistemi Spa: rispettivamente, la prima con un aumento da 1.136.088 euro nel 2014 a 2.372.415 euro nel 2018, la seconda da 13.592.781 euro nel 2014 a 18.046.762 euro nel 2018.

---

<sup>13</sup> Nella Tabella 4 è stato utilizzato il termine "Macchine utensili" per indicare tutte le macchine produttive aziendali che sono state certificate 4.0. Comprendono macchine a taglio laser, centri di lavoro, ecc. I valori di fatturato per l'anno 2018 sono stati calcolati secondo la formula Excel "PREVISIONE.LINEARE". Il numero dei dipendenti del 2018 è risultante dalle interviste condotte.

<sup>14</sup> In questa analisi si valutano solamente i dati di fatturato senza quindi confrontare ulteriori indici di bilancio.

Consideriamo ora ogni singola azienda e si valuti la progressione percentuale del fatturato a partire dall'anno di adozione:

- *MTS Spa*: l'azienda ha acquistato la prima macchina utensile certificata 4.0 nel 2017. Durante il medesimo anno, i ricavi di vendita risultanti dall'ultimo bilancio approvato, sono diminuiti del 3,91% rispetto l'anno precedente. La tendenza di crescita per l'anno 2018 registra però un aumento del 3,13%.

*Considerazioni*: durante l'intervista il Direttore Generale ha affermato che, nonostante la tendenza positiva di crescita in termini di prodotto e tempi di produzione, il fatturato, almeno per il momento, non ha subito l'influenza dell'introduzione della tecnologia 4.0 e che la valutazione dei costi è ancora di difficile interpretazione.

- *IMO Srl*: l'azienda ha adottato la prima tecnologia 4.0 nel 2014 e da allora ha registrato un incremento del fatturato del 108,82% se considerati i cinque anni di riferimento. È passato da 1.136.088 di euro del 2014 a 2.372.415 euro secondo la tendenza registrata per il 2018.

*Considerazioni*: l'intervistato ha dichiarato un notevole progresso nella produzione dopo l'introduzione di i4.0 ma che i risultati di bilancio sono ancora appesantiti dal costo sostenuto per le numerose tecnologie adottate e dal cambio di tipologia di prodotto.

- *BFR Meccanica Srl*: è l'unica azienda che tra quelle selezionate, ha introdotto la prima macchina utensile 4.0 nel 2018. Dall'intervista è possibile riscontrare come sia ancora troppo presto valutare l'effettivo miglioramento in termini di ricavi; una rilevazione comune alle altre interviste.

- *Galdi Srl*: già nel 2016 l'azienda aveva introdotto la prima macchina utensile certificata 4.0 e avviato il progetto IoT "MESS". Il fatturato della Galdi nel 2016 è aumentato del 48,89% rispetto l'anno precedente. Da evidenziare però, come nel 2017 l'azienda abbia registrato un calo di oltre 4 milioni di euro.

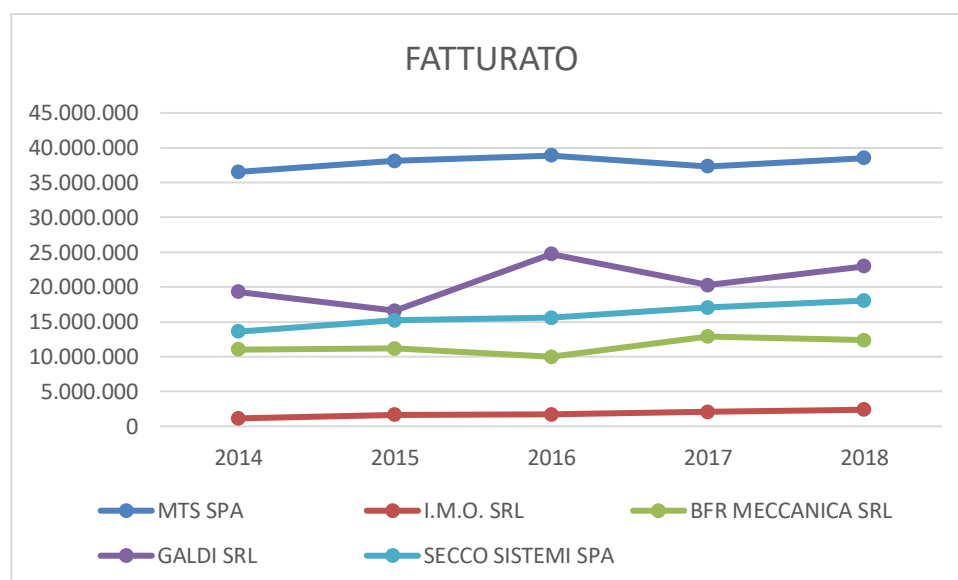
*Considerazioni*: Il Direttore Generale ha affermato che non è ancora possibile stabilire se, in termini di fatturato, le nuove tecnologie abbiano avuto un impatto positivo. La tendenza calcolata per l'anno 2018 riscontra un aumento dei ricavi di vendita e rispecchia la visione positiva dell'azienda.

- *Secco Sistemi Spa*: IMO e Secco Sistemi sono le uniche due aziende ad aver registrato un incremento sempre positivo del fatturato nel corso degli ultimi cinque anni. Si è passati da 13.592.781 euro nel 2014 a 18.046.762 euro secondo la tendenza registrata per il 2018. L'introduzione di i4.0 è avvenuto solamente

nel 2017 e a differenza di aziende come la MTS, la IMO e la BFR, la Secco Sistemi non ha risentito dei costi di adottamento. Secondo la previsione di fatturato per il 2018 ci si aspetta un aumentato del 5,90% rispetto al 2017, anno di trasformazione ad i4.0. Questa tendenza positiva è stata confermata durante l'intervista dal Responsabile Acquisti.

*Considerazioni:* come per le altre aziende intervistate, anche Secco Sistemi valuta troppo presto una considerazione economica sull'impatto delle tecnologie 4.0 nelle vendite. I risultati ci sono: produttività e tempistiche sono migliorate ma non sono ancora in grado di associarne un chiaro guadagno in termini di fatturato.

Figura 9. Andamento fatturato annuo per singola azienda (2014-2018)



Fonte: Elaborazione personale da AIDA

Nella Figura 9 si vede l'andamento del fatturato per singola impresa: per ognuna di esse è possibile registrare un andamento tendenzialmente crescente. Considerando le aspettative positive di sviluppo, è possibile affermare che, nonostante qualche periodo di difficoltà economica legata al costo di implementazione delle tecnologie 4.0, le imprese in esame aumenteranno la loro produttività, diminuiranno i costi di produzione, velocizzeranno le loro attività; il quale si trasformerà in un maggiore guadagno.

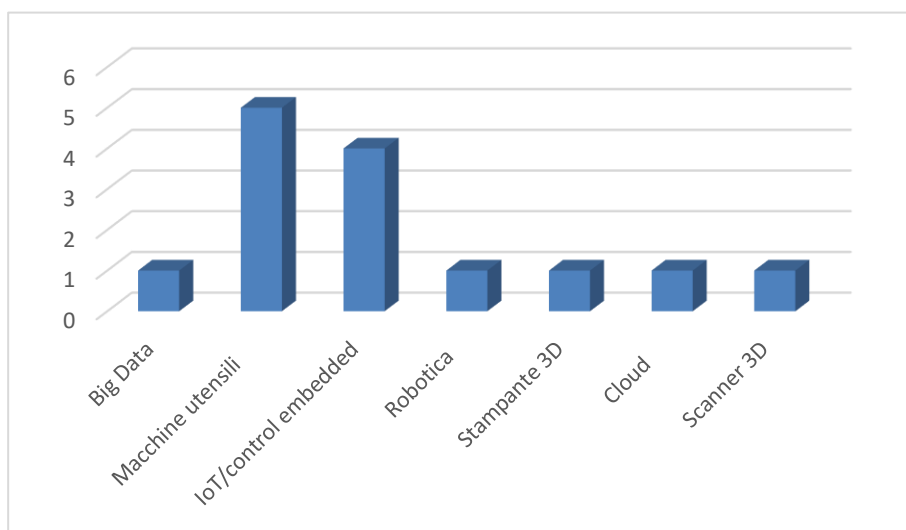
Si osserva ora la differenza di tecnologie 4.0 adottate dalle diverse imprese. Ad eccezione della IMO, tutte le altre quattro aziende hanno implementato non più di due o tre tecnologie.

Si riassumono di seguito le diverse adozioni:

- *Macchine utensili*
- *Robotica*
- *IoT/Control embedded*
- *Stampante 3D*
- *Cloud*
- *Big Data*
- *Scanner 3D*

La Figura 10 evidenzia come in tutte e cinque le aziende interviste, indistintamente dal settore merceologico di destinazione, abbiano acquistato una macchina utensile. Inoltre, dalle interviste è possibile definire il “*laser cutting*” come la principale macchina utensile introdotta nel reparto produttivo aziendale.

Figura 10. Elenco tecnologie 4.0 adottate



Fonte: Elaborazione dati da interviste

Internet of Things (IoT) e i controller embedded sono la seconda principale tipologia di tecnologia adottata dalle aziende in esame. Per IoT e controller embedded, come si è già visto, si intende il network nel quale molteplici oggetti e utenti coinvolti nei processi aziendali interagiscono (Giusto D., et al., 2010). Gli intervistati hanno infatti dichiarato di aver collegato le macchine 4.0 con il server, in modo da poter dialogare con esse in remoto, direttamente dall'ufficio o addirittura da casa. L'azienda che ad oggi non ha ancora implementato la connessione tra macchina e server è la BFR Meccanica ma che ha in mente di farlo nel futuro prossimo.

Gli obiettivi di ciascuna azienda sono simili: nella pianificazione strategica 4.0 infatti, si evince l'idea di acquistare ulteriori macchine utensili per incrementare la produzione, implementare e sviluppare nuovi sistemi di IoT e di effettuare un *revamping*<sup>15</sup> degli strumenti già presenti in azienda.

Le motivazioni che hanno spinto le diverse aziende ad investire in Industria 4.0 sono molto simili tra loro. Infatti, tutti gli intervistati hanno ammesso di aver voluto investire in nuova tecnologia per poter rimanere competitivi nel mercato. La IMO, azienda che tra quelle del campione selezionato ha investito per prima, ha dichiarato di aver creduto nelle potenzialità di i4.0 per anticipare i propri concorrenti ed ottenere quindi un vantaggio competitivo difficilmente colmabile. Il Direttore Generale di MTS ha inoltre affermato di aver investito con lo scopo di migliorare il proprio prodotto e di avvicinarsi ad un futuro nel quale le macchine in produzione potranno lavorare H24 senza il continuo controllo da parte dell'operatore. A parlare di futuro è stato anche il Responsabile Acquisti della Secco Sistemi, che ha associato il trend tecnologico di mercato al futuro della azienda.

La BFR Meccanica ha invece spiegato come il monitoraggio della struttura produttiva del Gruppo necessitasse di una tecnologia di supporto che diminuisse il tempo impiegato divenuto ormai considerevole.

*Tabella 5. Situazione occupazionale nelle aziende in esame*

<b>AZIENDE</b>	<b>NUOVE ASSUNZIONI</b>	<b>LICENZIAMENTI</b>	<b>CORSI DI FORMAZIONE</b>
<b>MTS SPA</b>	NO	NO	SI
<b>I.M.O. SRL</b>	NO	NO	SI
<b>BFR MECCANICA SRL</b>	SI	NO	SI
<b>GALDI SRL</b>	SI	NO	SI
<b>SECCO SISTEMI SPA</b>	NO	NO	SI

Come si evince dalla Tabella 5, un fattore importante in termini di occupazione è la linea guida che accomuna tutte le aziende intervistate: nessuna ha in programma licenziamenti di personale dovuti dall'introduzione di Industria 4.0.

Solamente in alcune aziende, Industria 4.0 ha creato nuovi posti di lavoro: BFR Meccanica e Galdi sono le società che hanno manifestato il bisogno di assumere nuovi profili. A queste

---

<sup>15</sup> Il Revamping è il processo mediante il quale la parte elettronica di una macchina produttiva viene sostituita e certificata 4.0



figure è però richiesto un adeguato livello di preparazione tecnico-informativa per poter ricoprire determinati ruoli.

Nella Tabella 6 si vedono in quali settori sono stati ricercati e assunti nuovi profili dalla BFR Meccanica e dalla Galdi:

*Tabella 6. Le nuove assunzioni della Galdi e della BFR Meccanica*

GALDI SRL	BFR MECCANICA SRL
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ufficio amministrativo:</i> l’inserimento di nuovi software gestionali hanno automatizzato e semplificato l’operato dei dipendenti. Si sono create così nuove possibilità di inserimento occupazionale per un controllo gestionale maggiore.</li> <li>• <i>Ufficio tecnico:</i> i nuovi software gestionali permettono al dipendente di controllare l’intero <i>life cycle</i> del prodotto e di rilevare importanti dati tecnici sull’impiego della macchina. Sono così stati inseriti nuovi profili con competenze tecniche necessarie per il monitoraggio e l’analisi dei risultati.</li> <li>• <i>Ufficio R&amp;S:</i> il progetto MASH ha un ruolo chiave nello sviluppo del prodotto per l’azienda. Sono state dunque inseriti nuovi profili con competenze matematico-informatiche per la simulazione di determinate operazioni.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ufficio tecnico:</i> il sistema IoT che ha permesso il controllo remoto, ha richiesto l’inserimento di nuovi profili con competenze tecniche adeguate alla gestione delle nuove macchine e per l’analisi dei risultati da esse derivanti.</li> </ul>

La ragione per cui, la Galdi, abbia inserito nuovi profili in diversi reparti, a differenza della BFR, si suppone sia dovuta dalla tipologia del prodotto, dal mercato di riferimento e, più importante, dalle prospettive di crescita.

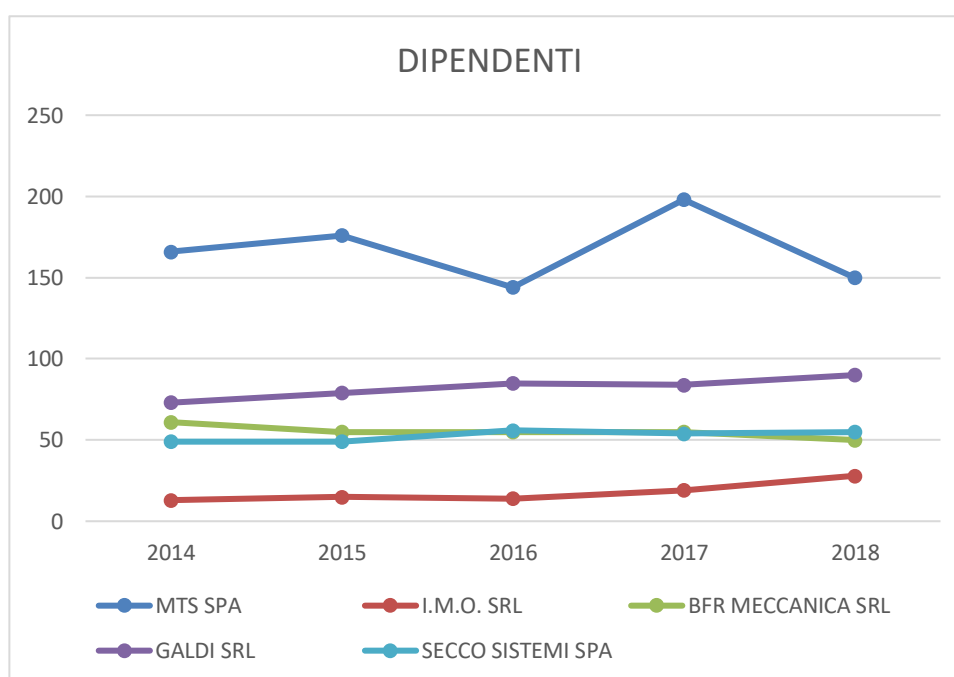
Le aziende che, al contrario, non hanno ancora assunto, si ritiene che le competenze, necessarie per il corretto funzionamento delle nuove macchine certificate 4.0, siano già

presenti all'interno dell'azienda e, per il momento, le risorse finanziarie non sono sufficienti per inserire nuove figure senza un effettivo bisogno.

Inoltre, tutte le aziende in esame, hanno dichiarato di aver svolto internamente o presso un consulente esterno, dei corsi di formazione con lo scopo di rendere i propri dipendenti abili ad un corretto controllo della macchina 4.0 e ad una analisi dei dati da essa emessi.

Nella Figura 11 invece, si noti l'andamento del numero dei dipendenti presenti in azienda nel periodo di tempo considerato, dal 2014 al 2018. Si è scelto questo arco temporale per valutare i relativi cambiamenti a cavallo dell'anno di adozione di Industria 4.0.

Figura 11. Andamento del numero di dipendenti annuo per singola azienda (2014-2018)



Fonte: Elaborazione personale da AIDA

L'andamento del numero occupazionale è rimasto più o meno costante nel tempo in tutte le aziende, tranne che in MTS, la quale ha registrato significativi incrementi e decrementi nel corso degli anni. La IMO, ha affermato che non sono in programma nuove assunzioni e il numero crescente di personale in azienda può essere spiegato dalla richiesta di manodopera, dell'azienda stessa, per lavori puramente manuali.

Un'altra azienda che ha aumentato i propri dipendenti negli ultimi cinque anni, è la Galdi: dal 2016, anno di adozione 4.0, la società ha assunto cinque persone. Questo dimostra la volontà e la necessità dell'azienda nella ricerca di nuove figure occupazionali.

La BFR Meccanica e la Secco Sistemi invece, non riportano significativi cambiamenti relativi all'adozione di tecnologie 4.0.

L'innovazione, ma soprattutto la scelta di quali tecnologie 4.0 implementare nel processo produttivo e gestionale, è lasciata in tutte le società, alla libertà dei singoli una volta dialogato con il reparto di R&S. La sola BFR si appoggia, in parte, ad un consulente esterno per venire a conoscenza di quali tecnologie possono essere oggetto di adozione.

Per quanto concerne invece le problematiche relative ad Industria 4.0, ogni azienda ha enunciato un diverso ostacolo. Le difficoltà della IMO e della BFR non sono legate alle nuove tecnologie ma alla necessità di trovare nuova manodopera che si “abbassi” a lavorare direttamente con la macchina. La MTS invece, ha dovuto affrontare fornitori non sufficientemente preparati per quando riguarda il 4.0 mentre la Galdi è alla ricerca di profili specializzati e, ad oggi, fa difficoltà a trovare queste nuove figure. L'ostacolo riscontrato dalla Secco Sistemi invece, riguarda il linguaggio informatico con il quale le nuove tecnologie 4.0 dialogano con il server e che diverge da quello delle precedenti macchine utensili.

In conclusione, i risultati di un sistema Industria 4.0, sono nel complesso positivi e merito di tale successo può essere anche attribuito alla Provincia di Treviso (quattro aziende su cinque esaminate sono della provincia) che, nel corso dell'ultimo anno, ha promosso numerosi incontri di aggiornamento sui presenti temi per tutti gli imprenditori della Marca Trevigiana e alla quale ho partecipato personalmente.<sup>16</sup>

### **3.4.2 Confronto tra il campione selezionato e le aziende del Nord Italia**

Si vede in questo paragrafo come sono collocate le aziende selezionate nel contesto del Nord Italia; si utilizza come metro di paragone il campione di PMI analizzato dal Laboratorio Manifattura Digitale (LMD) dell'Università di Padova (Laboratorio Manifattura Digitale, 2018).

Il LMD ha selezionato un universo di 7.293 imprese manifatturiere del Nord Italia e ha ottenuto riscontri dal 14% di esse.

I primi risultati evidenziano come il 44,7% delle aziende faccia uso di robotica nel reparto produttivo; questo dato è contrastante rispetto agli esiti delle interviste svolte, dove solamente una tra le cinque aziende coinvolte ha dichiarato di avere un robot. Da marcare è anche la considerazione di alcuni dirigenti intervistati, i quali hanno affermato che nelle PMI la robotica è scarsamente utilizzata poiché, solitamente, la produzione non è in serie, i

---

<sup>16</sup> Non è stato possibile effettuare dei confronti tra i salari poiché le aziende non hanno voluto rilasciare tale informazione.

componenti creati sono di piccole o medie dimensioni e spesso specifici per soddisfare le richieste dei clienti.

Nel report universitario le tre posizioni successive sono occupate dalla macchina taglio laser (macchina utensile), dai Big Data-Cloud e dalla manifattura additiva (stampante 3D). Da notare come solo il 24,2% abbia segnalato l'IoT come tecnologia 4.0 utilizzata mentre la quasi totalità delle interviste ha evidenziato come il network creato dai sistemi di IoT sia ormai integrato nel processo.

Se si osservano invece i dati riguardanti il numero di tecnologie adottate dalla aziende esiste una corrispondenza tra le società intervistate e i dati macro aggregati sul campione di aziende italiane. Il 38,4% e il 36,2% hanno introdotto rispettivamente una e due tecnologie.

Ulteriori elementi comuni tra i due campioni in esame sono le motivazioni e gli impatti dell'investimento in Industria 4.0; si ricerca sempre di mantenere la competitività internazionale e di migliorare il servizio al cliente.

Il confronto invece delle diverse difficoltà riscontrate nell'adozione di i4.0 ha consolidato la necessità per le aziende di trovare nuovo personale qualificato, che sappia sfruttare tutte le potenzialità derivanti dalla nuova tecnologia.

In conclusione, si afferma che le aziende intervistate sono allineate con il resto delle imprese italiane, se non per alcuni fattori quali le tecnologie effettivamente adottate.

## Considerazioni conclusive

Tra i temi più caldi del XXI secolo troviamo sicuramente la robotica e l'intelligenza artificiale. Questi due grandi fenomeni stanno rivoluzionando il mercato del lavoro da ormai cinquant'anni. Il loro raggiungimento è il frutto di una serie di evoluzioni nel campo delle scienze, dell'economia e della tecnologia: le invenzioni che hanno caratterizzato la Prima Rivoluzione Industriale segnano, infatti, l'inizio del progresso tecnologico e dei cambiamenti occupazionali che ne derivano.

Il periodo che va dal XVIII al XXI secolo, è stato influenzato da una continua automazione dei processi industriali. Molti sono gli studiosi che ne commentano gli effetti sul fronte occupazionale senza, però, mai trovare una soluzione comune.

Oggi stiamo vivendo quella che per molti è conosciuta come “Quarta Rivoluzione Industriale” o “Industria 4.0”, un periodo dove l’“intelligenza” associata alle macchine fa da padrona nel sistema aziendale e sociale. Il mondo del lavoro è cambiato completamente: l'automazione ha sostituito alcune mansioni e successivamente ne ha create di nuove. I lavoratori a bassa qualifica sono quelli che più hanno risentito dell'impatto tecnologico e che hanno visto i loro compiti “di routine” sostituirsi totalmente dalle macchine.

Nel presente elaborato è stata data inizialmente una spiegazione di cosa sia l'automazione, l'Intelligenza Artificiale, la robotica e l'Industria 4.0, e successivamente, attraverso un excursus storico sulle quattro diverse Rivoluzioni Industriali, si è spiegato come il progresso tecnologico abbia influenzato il sistema occupazionale. Si è cercato di analizzare inoltre, quale sia l'attuale stato di avanzamento informatico dei grandi Paesi come Stati Uniti, Cina e Giappone.

La situazione che però coinvolge l'Italia è ben diversa: l'avanzamento tecnologico italiano non è paragonabile a quello dei Paesi sopracitati. I casi presi in esame in questo elaborato, in assenza di dati specifici, esaminano lo stato attuale di cinque piccole e medie imprese, e analizzano gli impatti che l'introduzione di Industria 4.0 ha avuto a livello aziendale.

Ciò che si evince innanzitutto, è che la maggior parte delle imprese ha adottato le prime tecnologie 4.0 solamente due o tre anni fa. Questo indice permette di capire il ruolo fondamentale che hanno avuto gli incentivi governativi messi a disposizione delle aziende; senza di essi, secondo l'opinione di alcuni dirigenti intervistati, molte di queste imprese non avrebbero acquistato nuove tecnologie e la loro produzione non sarebbe, almeno parzialmente, 4.0.

Il motivo per cui molte società hanno tentennato nell'introdurre nuove macchine, è l'elevato costo sia d'acquisto che di implementazione e configurazione nel reparto produttivo. La diffidenza per queste nuove tecnologie è molto alta e l'impresa media, prendendo in considerazione l'andamento poco favorevole dell'economia italiana, ha difficoltà a rientrare nei costi, che in media, variano dai 200 ai 400 mila euro a macchina certificata.

Secondo l'indagine condotta dal Ministero dello Sviluppo (2017) infatti, solo l'8,4% delle aziende italiane ha adottato i4.0 e questo dato dimostra come, per il momento, la propensione all'innovazione sia ancora bassa.

Non è soltanto la percentuale di imprese adottanti che preoccupa, ma anche il grado di informazione di esse. Durante le interviste, è stato riscontrato che la conoscenza del 4.0 e delle sue potenzialità, è scarsa. Il campione analizzato ha messo in evidenza infatti, come quattro aziende su cinque abbiano introdotto solamente alcune macchine utensili nel sistema produttivo, allo scopo di aumentare la produzione e migliorarne la qualità del prodotto. È possibile quindi dire che la visione dell'impresa è superficiale e non è ancora in grado di valutare tutti i possibili benefici futuri.

Ad eccezione della IMO Srl, che ha adottato i4.0 nel 2014, le altre quattro aziende hanno affermato di non essere ancora capaci di quantificare i vantaggi in termini di fatturato. Ad oggi non è visibile quindi il salto qualitativo che possa confermare l'effettivo miglioramento dovuto dall'introduzione delle nuove tecnologie. È riscontrabile, quanto appena affermato, anche dai dati occupazionali che derivano dalle interviste infatti, solamente due aziende hanno dichiarato di aver assunto nuovi dipendenti o di aver in programma di farlo, con lo scopo di ricoprire le nuove posizioni create grazie ad Industria 4.0.

Nessuna invece tra le cinque imprese ha confermato di aver licenziato del personale a causa del non più necessario compito da essi svolto. Questo porta inevitabilmente a definire come nelle PMI il progresso tecnologico non abbia sostituito il lavoro in determinate mansioni. Esito diverso si potrebbe però riscontrare nelle grandi aziende che, producendo in serie, a differenza delle società più piccole, hanno la convenienza ad introdurre robot in produzione, sostituendo in questo modo il lavoro svolto da alcuni dipendenti.

Ciò che invece è risultato comune, è l'obiettivo di formare il personale attraverso dei corsi di aggiornamento interni, così che possano essere in grado di lavorare appropriatamente con le nuove macchine 4.0.

I nuovi profili ricercati dall'azienda dovranno possedere delle capacità tecnico-informatiche elevate e sufficienti per poter programmare e configurare le macchine 4.0 nel sistema produttivo. Dovranno inoltre, riuscire ad analizzare i dati forniti dalla macchina.

In conclusione, alla luce di quanto è stato possibile reperire dai dirigenti intervistati, ritengo come l'Industria 4.0 sia un fenomeno ancora troppo "giovane" per poter essere interpretato in modo corretto. Nonostante la bassa percentuale di "imprese 4.0" in Italia, gli incentivi governativi hanno dato una notevole svolta e spinta alle aziende, le quali hanno intrapreso un percorso i cui benefici sono ben visibili ma, purtroppo, ancora lontani. Sono dell'idea che i corsi di formazione per spiegare agli imprenditori le potenzialità di Industria 4.0 siano fondamentali per una prospettiva di crescita concorrenziale con gli altri Paesi. Le aziende devono e dovranno aver sempre più fiducia nel progresso tecnologico e utilizzare gli incentivi a disposizione, non soltanto per possibili benefici a breve termine, ma anche per una migliore efficienza complessiva nel lungo periodo.





## Bibliografia

Accenture, 2018, “*boost your AIQ transforming into an AI business*”, [https://www.accenture.com/t20170614T050454Z\\_\\_w\\_\\_us-en/\\_acnmedia/Accenture/next-gen-5/event-g20-yea-summit/pdfs/Accenture-Boost-Your-AIQ.pdf#zoom=50](https://www.accenture.com/t20170614T050454Z__w__us-en/_acnmedia/Accenture/next-gen-5/event-g20-yea-summit/pdfs/Accenture-Boost-Your-AIQ.pdf#zoom=50)

Acemoglu D., Restrepo P., 2018, “*Artificial Intelligence, automation and work.*” Massachusetts, National Bureau of Economic Research

Asimov I., 1982, “*Tutti i miei robot*”, The Complete Robot, [http://isaacasimovpdf.weebly.com/uploads/1/2/3/3/12333621/ciclo\\_dei\\_robot\\_2\\_-\\_tutti\\_i\\_miei\\_robot.pdf](http://isaacasimovpdf.weebly.com/uploads/1/2/3/3/12333621/ciclo_dei_robot_2_-_tutti_i_miei_robot.pdf)

Autor D., Katz L., Kearney M., 2006, “*The Polarization of the U.S. Labor Market*”, American Economic Review, vol. 96(2), pp. 189-194

Autor D., Dorn D., 2013, “*The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the U.S. Labor Market*” American Economic Review, vol. 103(5), pp. 1553–1597

Autor D., 2015, “*Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation*”, Journal of Economic Perspectives, vol. 29(3), pp. 3-30

Aznar G, 1993, “*Travailler moins pour travailler tous. 20 Propositions*”, Syros éditeur, Paris

Barrat J., 2013, “*Our Final Invention: Artificial Intelligence and the End of the Human Era*”, New York, St. Martin’s Press

Biral C., 2018, “*Industria 4.0 come strumento per il controllo di gestione. Analisi del caso Secco Sistemi S.p.A.*” Università di Parma, Tesi di Laurea Magistrale - Corso di Laurea Magistrale in Amministrazione e Direzione Aziendale, pp. 35-55

Borgato R., Cristiani P., Andreoli V., 2018, “*L'ABC del 4.0.*” Franco Angeli Edizioni Digitali, [https://books.google.it/books/about/L\\_ABC\\_del\\_4\\_0.html?id=Blx0DwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp\\_read\\_button&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.it/books/about/L_ABC_del_4_0.html?id=Blx0DwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

Brynjolfsson E., McAfee A., 2011, “*Race against the machine: How the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy*” Lexington, Digital Frontier

Calvino F., Virgillito M.E., 2018, “*The innovation-employment nexus: a critical survey of theory and empirics*” Journal of Economic Surveys, vol. 32, pp. 83-117

Caravella S., Menghini M., 2018, “*Race against the Machine. Gli effetti della quarta rivoluzione industriale sulle professioni e sul mercato del lavoro*”, L'industria, Rivista di economia e politica industriale, 1/2018, pp. 43-68

Castelli L., 2017, “*Per Foxconn la fabbrica del futuro sarà dominata dai robot*”, LaStampa Tecnologica, <https://www.lastampa.it/2017/01/04/tecnologia/per-foxconn-la-fabbrica-del-futuro-sar-dominata-dai-robot-6tOpccgDS5fVwPhWOKlaMP/pagina.html>

Chen F., Deng P., Wan J., Zhang D., Vasilakos A. V., Rong X., 2015, “*Data Mining for the Internet of Things: Literature Review and Challenges*”, International Journal of Distributed Sensor Networks, vol.11(8), pp.1-14

Cords D., Prettner K., 2019, “*Technological Unemployment Revisited: Automation in a Search and Matching Framework*”, Maastricht, Global Labor Organization (GLO), GLO Discussion Paper, No. 308

Daugherty P., Carrel-Billiard M., Biltz M., 2018, “*La forza dell'impresa intelligente*”, <https://www.accenture.com/it-it/insight-technology-trends-2018>

Deloitte, 2011, “*Boiling Point? The Skills Gap in U.S. Manufacturing*”, <http://www.themanufacturinginstitute.org>

ENISA., 2015, “*Security Guide and Online Tool for SMEs when going Cloud*”, <https://www.enisa.europa.eu/>

Evangelista R., Meliciani V., Vezzani A., 2018, “*Specialisation in key enabling technologies and regional growth in Europe*”, *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 27(3), pp. 273-289

Freeman C., Clark J., Soete L., 1982, “*Unemployment and Technical Innovation*”, F. Pinter, London

Gazzetta Ufficiale, 2017, LEGGE 27 dicembre 2017, n. 205, <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2017/12/29/17G00222/sg>

Giangrandi P., 2010, “*La storia di Internet*”, Università degli Studi di Udine, inedito, [http://nid.dimi.uniud.it/computing\\_history/handouts/storia\\_internet.pdf](http://nid.dimi.uniud.it/computing_history/handouts/storia_internet.pdf), pp.5-6

Giuntella O., Wang T., 2018, “*Is an Army of Robots Marching on Chinese Jobs?*”, University of Pittsburgh, Mimeo

Giusto D., Lera A., Morabito G., Atzori L., 2010, “*The Internet of Things: 20th Tyrrhenian Workshop on Digital Communications*” Heidelberg, Springer

Goldin C., Katz L.F., 2010, “*The Race Between Education and Technology*”, Belknap Press for Harvard University Press

Gorz A., 1989, “*Critique of Economic Reason*”, London, Verso

Groover M., 1983, “*CAD/CAM: Computer-aided Design and Manufacturing*”, Englewood Cliffs, Prentice Hall

Hémous D., Olsen M., 2018, “*The Rise of the Machines: Automation, Horizontal Innovation and Income Inequality*”, [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2328774](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2328774)

Hermann M., Pentek T., Otto B., 2015, “*Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*”, 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS), Koloa, HI, 2016, pp. 3928-3937

Karabell Z., 2013, “*The Youth Unemployment Crisis Might Not Be a Crisis*”, The Atlantic, <https://www.theatlantic.com/business/archive/2013/11/the-youth-unemployment-crisis-might-not-be-a-crisis/281802/>

Kuznets S., 1966, “*Modern Economic Growth, rate, structure and spread*”, New Haven, Yale University Press

Laboratorio Manifattura Digitale, 2018, “*Secondo Rapporto Industria 4.0 nelle PMI italiane*”, Padova, Università degli Studi di Padova, [https://www.economia.unipd.it/sites/economia.unipd.it/files/Rapporto\\_LMD\\_2018.pdf](https://www.economia.unipd.it/sites/economia.unipd.it/files/Rapporto_LMD_2018.pdf)[https://www.economia.unipd.it/sites/economia.unipd.it/files/Rapporto\\_LMD\\_2018.pdf](https://www.economia.unipd.it/sites/economia.unipd.it/files/Rapporto_LMD_2018.pdf)

Laynard R., Nickell S., Jackman R., 1991, “*Unemployment: Macroeconomic Performance and the Labour Market*”, Oxford, Oxford University Press

Laynard R., Nickell S., Jackman R., 1994, “*The Unemployment crisis*”, Oxford, Oxford University Press

Li J., Tao F., Cheng Y., Zhao L., 2015, “*Big Data in product lifecycle management*”, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, <https://www.researchgate.net/>, vol. 81(1-4), pp. 667-684

Litzenberger G., 2018, IFR, “*WR Presentation Industry and Service Robots 18 Oct 2018*”, [https://ifr.org/downloads/press2018/WR\\_Presentation\\_Industry\\_and\\_Service\\_Robots\\_18\\_Oct\\_2018.pdf](https://ifr.org/downloads/press2018/WR_Presentation_Industry_and_Service_Robots_18_Oct_2018.pdf)

Maccherani C., 2004, “*Breve storia di Internet*”, Università degli Studi del Salento, Lecce, [http://www.claudiomaccherani.altervista.org/web\\_dispense/File/Storia\\_Internet.pdf](http://www.claudiomaccherani.altervista.org/web_dispense/File/Storia_Internet.pdf)

Magone A., Mazali T., 2016, “*Industria 4.0. Uomini e macchine nella fabbrica digitale*”, Guerini e Associati, <https://guerini.it/>

Mantoux P., 1928, “*The Industrial Revolution in the Eighteenth Century: An Outline of the Beginnings of the Modern Factory System in England*”, New York, Harcourt

Manyka J., Chui M., Bisson P., Woetzel J., Dobbs R., Bughin J., Aharon D., 2015, “*The internet of things: mapping the value beyond the hype*”, McKinsey Global Institute, <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/the%20internet%20of%20things%20the%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/the-internet-of-things-mapping-the-value-beyond-the-hype.ashx>

Manyka J., Chui M., Lund S., Bughin J., Woetzel J., Batra P., Ko R., Sanghvi., 2017, “*Jobs lost, jobs gained: workforce transitions in a time of automation*”, McKinsey Global Institute, <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/Future%20of%20Organizations/What%20the%20future%20of%20work%20will%20mean%20for%20jobs%20skills%20and%20wages/MGI-Jobs-Lost-Jobs-Gained-Report-December-6-2017.ashx>

Ministero dello Sviluppo Economico, 2018, “*La diffusione delle imprese 4.0 e le politiche: evidenze 2017*”, <https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Rapporto-MiSE-MetI40.pdf>

Ministero dello Sviluppo Economico, “*Brevetti - Classificazioni IPC ed ECLA*”, <http://www.uibm.gov.it/index.php/brevetti/utilita-brevetti/classificazioni-internazionali-brev>

Ministero dello Sviluppo Economico, “*Piano Nazionale Industria 4.0*”, [http://www.governo.it/sites/governo.it/files/industria\\_40\\_MISE.pdf](http://www.governo.it/sites/governo.it/files/industria_40_MISE.pdf)

Mokyr J., 2010, “*The contribution of economic history to the study of innovation and technical change: 1750–1914*”, *Handbooks of the Economics of Innovation*, vol.1(2), pp.11-50

Montresor S., Quatraro F., 2017, “*Regional Branching and Key Enabling Technologies: Evidence from European Patent Data*”, *Economic Geography*, vol. 93(4), pp. 367-396

Morgan J., 2014, “*A Simple Explanation Of 'The Internet Of Things'*”, *Forbes*, <https://www.forbes.com/>

Morikawa M., 2017, “*Firms’ expectations about the impact of ai and robotics: evidence from a survey*”, *Economic Inquiry*, vol. 55(2), pp. 1054-1063

Osborne M.A., Frey C.B., 2017, “*The future of Employment: how susceptible are jobs to computerization*”, *Technological Forecasting and Social Change*, vol.114(C), pp.254-280

Posada J., Barandiaran I., Toro C., Oyarzun D., Stricker D., de Amicis R., Pinto E.B., Eisert P., Döllner J., Vallarino I., 2015, “*Visual Computing as a Key Enabling Technology for Industrie 4.0 and Industrial Internet*”, *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 35(2), pp. 26-40

Richert A., Shehadeh M., Plumanns L., Groß K., Shuster K., Jeschke S., 2016, “*Educating engineers for industry 4.0: Virtual worlds and human-robot-teams: Empirical studies towards a new educational age*”, *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Abu Dhabi, 2016, pp. 142-149

Rifkin J., 1995, “*The End of Work. The decline of the Global Labour Force and the Dawn of the Post-Market Era*”, New York, G. P. Putnam’s Sons

Ross A., 2016, “*Il nostro futuro*”, Milano, Giangiacomo Feltrinelli Editore

Rothkopf D., 2012, “*The Third Industrial Revolution*”, *Foreign Policy*, <https://foreignpolicy.com/2012/10/08/the-third-industrial-revolution/>

Rüßmann M., Lorenz M., Gerbert P., Waldner M., Justus J., Engel P., Harnisch M., 2015, “*Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries*”, The Boston Consulting Group, [http://image-src.bcg.com/Images/Industry\\_40\\_Future\\_of\\_Productivity\\_April\\_2015\\_tcm81-61694.pdf](http://image-src.bcg.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm81-61694.pdf)

Schütte G., 2012, “*Keynote Speech*”, Berlin, <https://www.youtube.com>

Sirkin H.L., 2016, “*Advanced Manufacturing Is Not A Job Killer, It's A Job Creator*”, *Forbes*, <https://www.forbes.com/sites/haroldsirkin/2016/04/19/advanced-manufacturing-is-not-a-job-killer-its-a-job-creator/#396b9b305ddd>

Skydelsky R., 2013, “*Rise of the robots: what will the future of work look like?*”, The Guardian, <https://www.theguardian.com/business/2013/feb/19/rise-of-robots-future-of-work>

Sniderman B., Mahto M., Cotteleer M. J., “*Industry 4.0 and manufacturing ecosystems. Exploring the world of connected enterprises*”, Deloitte University Press, [https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/manufacturing-ecosystems-exploring-world-connected-enterprises/DUP\\_2898\\_Industry4.0ManufacturingEcosystems.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/manufacturing-ecosystems-exploring-world-connected-enterprises/DUP_2898_Industry4.0ManufacturingEcosystems.pdf)

Stiglitz J.E., 1969, “*Distribution of Income and Wealth Among Individuals*”, *Econometrica*, vol. 37(3), pp. 382-397

Sylos-Labini P., 1981, “*I mutamenti tecnologici nelle condizioni odierne: riflessioni di un economista*”, *Moneta e Credito*, vol. 34(133), pp. 41-62.

Temin P., 1997, “*Two views of the British Industrial Revolution*”, *The Journal of Economic History*, vol. 57(1), pp. 63-82

The Aspen Institute, 2012, “*The Restaurant Workforce in the United States*”, <https://www.aspeninstitute.org/publications/restaurant-workforce-united-states/>

Thoben K., Wiesner S.A., Wuest T., 2017, “*Industrie 4.0" and Smart Manufacturing – A Review of Research Issues and Application Examples*”, *International Journal of Automation Technology*, vol.11(1), pp.4-19

Unioncamere, 2017, “*L'Italia crede ella Green Economy: oltre 3.500 brevetti tricolore registrati in Europa in 10 anni*”, Roma, Camere di commercio d'Italia, <http://www.unioncamere.gov.it/P42A3474C160S123/l-italia-crede-nella-green-economy--oltre-3-500-brevetti-tricolore-registrati-in-europa-in-10-anni.htm>

United States Department of Labor, 2015, “*May 2014 National Occupational Employment and Wage Estimates*”, Bureau of Labor Statistics, [https://www.bls.gov/oes/2014/may/oes\\_nat.htm](https://www.bls.gov/oes/2014/may/oes_nat.htm)

Van de Velde E., Rammer C., De Heide M., Pinaud F., Verbeek A., Gehrke B., Mertens K., Debergh P., Schliessler P., Van Der Zee F., Butter M., 2012, “*Feasibility study for an EU*

*Monitoring Mechanism on Key Enabling Technologies*”, European Commission, [https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/kets-tools/sites/default/files/library/final\\_report\\_kets\\_observatory\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/kets-tools/sites/default/files/library/final_report_kets_observatory_en.pdf), pp.12-64

Vivarelli M., Gatti D., 2014, “*Tecnologia e occupazione*”, in Malerba F.(a cura di), *Economia dell’innovazione*, Carocci Editore, cap. 17, pp. 495-500

Wittenberg C., 2016, “*Human-CPS interaction - requirements and human-machine interaction methods for the Industry 4.0*”, IFAC, vol. 49(19), pp. 420-425

World Economic Forum, 2016, “*The Future of Jobs, Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*”, [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf)

Yee L.C., Jim C., 2011, “*Foxconn to rely more on robots; could use 1 million in 3 years*”, Reuters, <https://www.reuters.com/article/us-foxconn-robots/foxconn-to-rely-more-on-robots-could-use-1-million-in-3-years-idUSTRE77016B20110801>

Young R., McCue J., Grant C., 2016, “*The power is on: How IoT technology is driving energy innovation*”, Deloitte, <https://www2.deloitte.com/insights/>

Zhou K., Liu T., Zhou L., 2015, “*Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges*”, 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), Zhangjiajie, 2015, pp. 2147-2152



# Sitografia

<https://www.accenture.com/>  
<https://www.alfacod.it/>  
<https://www.assolombarda.it/>  
<https://www.robotiko.it/>  
<https://www.lastampa.it/>  
<https://www.sapere.it/>  
<https://www.themanufacturinginstitute.org/>  
<https://www.enisa.europa.eu/>  
<https://www.researchgate.net/>  
<https://www.istat.it/>  
<https://www.theatlantic.com/>  
<https://tecnologia.libero.it/>  
<https://ifr.org/>  
<https://www.claudiomaccherani.altervista.org/>  
<https://guerini.it/>  
<https://www.mckinsey.com/>  
<https://www.sviluppoeconomico.gov.it/>  
<https://www.academia.edu/>  
<https://resources.saylor.org/>  
<https://www.technologyreview.com/>  
<https://www.bcg.com/>  
<https://www.youtube.com/>  
<https://www.forbes.com/>  
<https://www.theguardian.com/>  
<https://www.aspeninstitute.org/>  
<https://www.treccani.it/>  
<https://www.bls.gov/>  
<https://ec.europa.eu/>  
<https://www.reuters.com/>  
<https://www.sciencedirect.com/>  
<https://www.imo.it/>

<https://www.bfrmeccanica.it/>

<https://www.galdi.it/>

<https://aida.bvdinfo.com/>

<https://www.economia.unipd.it/>

<http://www.gazzettaufficiale.it/>

<http://economia.unipv.it/>