

Dipartimento di Impresa e Management
Cattedra di Organizzazione Aziendale

L'AVVENTO DELLA QUARTA RIVOLUZIONE
INDUSTRIALE: L'impatto dell'Industria 4.0 sulle
organizzazioni aziendali

RELATORE

Prof. Laura Innocenti

CANDIDATO

Letizia Spagoni

Matricola: 227351

ANNO ACCADEMICO: 2020/2021

INDICE

INTRODUZIONE	4
CAPITOLO 1: UNA NUOVA RIVOLUZIONE	6
1.1.1 <i>Un salto nel passato: dalla prima alla quarta rivoluzione industriale</i>	6
1.1.2 <i>L'industria 4.0 come quarta rivoluzione industriale</i>	11
1.1.3 <i>Il processo di migrazione da azienda tradizionale a industria 4.0</i>	14
1.1.4 <i>I principali effetti della Quarta Rivoluzione Industriale</i>	18
CAPITOLO 2: LE TECNOLOGIE ABILITANTI DI INDUSTRIA 4.0	20
2.2.1 <i>Advanced Manufacturing Solution</i>	21
2.2.2 <i>Additive Manufacturing</i>	24
2.2.3 <i>Sistemi di produzione cyber – fisici</i>	27
→ <i>Vantaggi del Cyber Physical Systems</i>	28
2.2.4 <i>Internet of Things (IoT)</i>	29
2.2.5 <i>Cloud Computing</i>	31
2.2.6 <i>Intelligenza artificiale e Machine Learning</i>	33
2.2.7 <i>Big Data</i>	34
→ <i>People Analytics: gestione del personale con i Big Data</i>	36
2.2.8 <i>Information Technology come arma per il coordinamento interno</i>	37
→ <i>Enterprise Resource Planning</i>	39
→ <i>Knowledge Management</i>	39
2.2.9 <i>Information Technology come arma per rafforzare le relazioni esterne</i>	41
CAPITOLO 3: COME CAMBIANO LE IMPRESE E IL LAVORO NEL MONDO 4.0	42
3.3.1 <i>Produzione snella</i>	42
→ <i>Kaizen e il miglioramento continuo</i>	45
3.3.2 <i>Nuovi approcci al mondo del lavoro: il caso dello Smart Working</i>	46
3.3.3 <i>Principali effetti sul lavoro della Quarta Rivoluzione Industriale</i>	49
3.3.4 <i>Approfondimento: caso impresa italiana Rold</i>	52

<i>→ ROLD: l'unica piccola impresa italiana tra le sedici fabbriche campioni del mondo di Industria 4.0.</i>	52
CONCLUSIONI.....	55
BIBLIOGRAFIA	57

INTRODUZIONE

Il seguente elaborato nasce con l'intenzione di approfondire e analizzare dettagliatamente la Quarta Rivoluzione Industriale, comunemente nota come "Industry 4.0". Negli ultimi anni stiamo vivendo un processo di cambiamento dalle dimensioni difficilmente immaginabili. La trasformazione digitale e il progresso tecnologico hanno letteralmente invaso le nostre vite, sono diventati parte integrante della nostra quotidianità senza che ce ne rendessimo conto. Gli scenari economici, sociali e culturali nei quali ci interfacciamo sono stati completamente rimodellati così come è cambiato il modo di fare impresa e di lavorare. Il prototipo tradizionale di impresa viene abbandonato da tutte quelle organizzazioni aziendali intenzionate a rimanere al passo coi tempi e vivere il cambiamento come un'opportunità di sviluppo e non come un limite o una minaccia. Siamo di fronte una transizione: dal tradizionale concetto di fabbrica alla Smart Factory o fabbrica del futuro, caratterizzata da un processo produttivo digitalizzato in cui tutte le fasi di produzione sono interconnesse tra loro, dalla progettazione del prodotto alla sua commercializzazione.

L'elaborato si articola in tre capitoli. La parte iniziale analizza e ripercorre le principali tappe che hanno caratterizzato il sistema di produzione aziendale. Più precisamente, per poterci addentrare nelle dinamiche proprie della Quarta Rivoluzione Industriale è necessario ricalcare le precedenti rivoluzioni e le innovazioni da esse apportate. A partire dallo sviluppo della macchina a vapore durante la prima rivoluzione industriale, l'introduzione del sistema fordistico nella seconda e le tecnologie dell'informazione e della comunicazione di prima generazione nella terza, giungiamo finalmente ai giorni nostri e alla così detta "rivoluzione digitale". Si afferma un nuovo prototipo di industria caratterizzato da una forte interconnessione tra mondo fisico e digitale che rende possibile creare un network di oggetti "intelligenti" interconnessi tra loro, capaci di acquisire, elaborare e comunicare informazioni. Inoltre, in questo primo capitolo verrà descritto come attuare un processo di transizione da fabbrica tradizionale a industria 4.0. Il cambiamento richiede un cambio di mentalità imprenditoriale e il coinvolgimento dell'intera impresa, a tutti i livelli, a partire dai managers fino ai dipendenti. Per digitalizzare l'organizzazione non è sufficiente implementare l'utilizzo di tecnologie, ma è necessario sviluppare una nuova cultura dell'innovazione e una mentalità aziendale che sia agile, flessibile e aperta al cambiamento. Si analizzerà come il progresso tecnologico fa emergere nuove figure professionali e come quelle tradizionali evolvono, sottolineando

la crescente importanza delle competenze trasversali del lavoratore e la rilevanza delle digital soft skills. Infine, in questa prima parte si analizzeranno gli effetti pervasivi che questa nuova rivoluzione ha generato su tutto il sistema economico soffermandoci sui cambiamenti riguardanti le organizzazioni aziendali per sostenere le innovazioni nel business model e nel processo di produzione.

Il secondo capitolo dell'elaborato si concentra sull'analisi dettagliata delle “tecnologie abilitanti” della Quarta Rivoluzione Industriale. Robotica collaborativa, manifattura additiva, Big Data, Internet of Things sono solo alcuni esempi. Analizzeremo le potenzialità delle tecnologie protagoniste dello sviluppo digitale, le loro modalità di impiego in fabbrica e i numerosi vantaggi che ne derivano. Il focus è il cambiamento del rapporto uomo – macchina, l'evoluzione del ruolo del lavoratore all'interno della fabbrica moderna e le trasformazioni che subiranno i processi produttivi a causa della digitalizzazione. La produzione manifatturiera tradizionale lascia spazio a una produzione sempre più digitalizzata in cui tutti gli oggetti e gli attori coinvolti grazie alle potenzialità di internet comunicano tra loro. Ogni fase del processo produttivo, ogni azione compiuta da individui, ogni servizio offerto dall'impresa sta diventando sempre più digitale e controllabile da dispositivi interconnessi tra di loro.

La parte finale dell'elaborato si concentra sul cambiamento del lavoro e dell'impresa nel mondo 4.0. Si analizzerà la Lean Production, nonché un nuovo modo di ripensare l'organizzazione aziendale, una nuova filosofia manageriale il cui principio di base è l'eliminazione di ogni forma di spreco e la centralità del valore percepito dal cliente. Ci soffermeremo su nuovi approcci al mondo del lavoro sorti col progresso tecnologico. Lo Smart Working ne è un esempio, un modo “intelligente” di lavorare che porta con sé numerosi vantaggi come la flessibilità e autonomia del lavoratore nel decidere dove e quando svolgere le proprie mansioni. D'altra parte però c'è il rischio che i confini tra sfera personale e professionale diventino sempre meno marcati fino a scomparire del tutto. Nella parte conclusiva, cercheremo di capire gli effetti che l'esponenziale avanzata della tecnologia all'interno delle organizzazioni aziendali sta generando sul mercato del lavoro e sul profilo occupazionale. Infine, per concludere l'elaborato ho introdotto un esempio concreto di una piccola impresa interamente italiana, la Rold, che con soli 240 dipendenti è rientrata a far parte delle 16 fabbriche campioni del mondo di Industria 4.0.

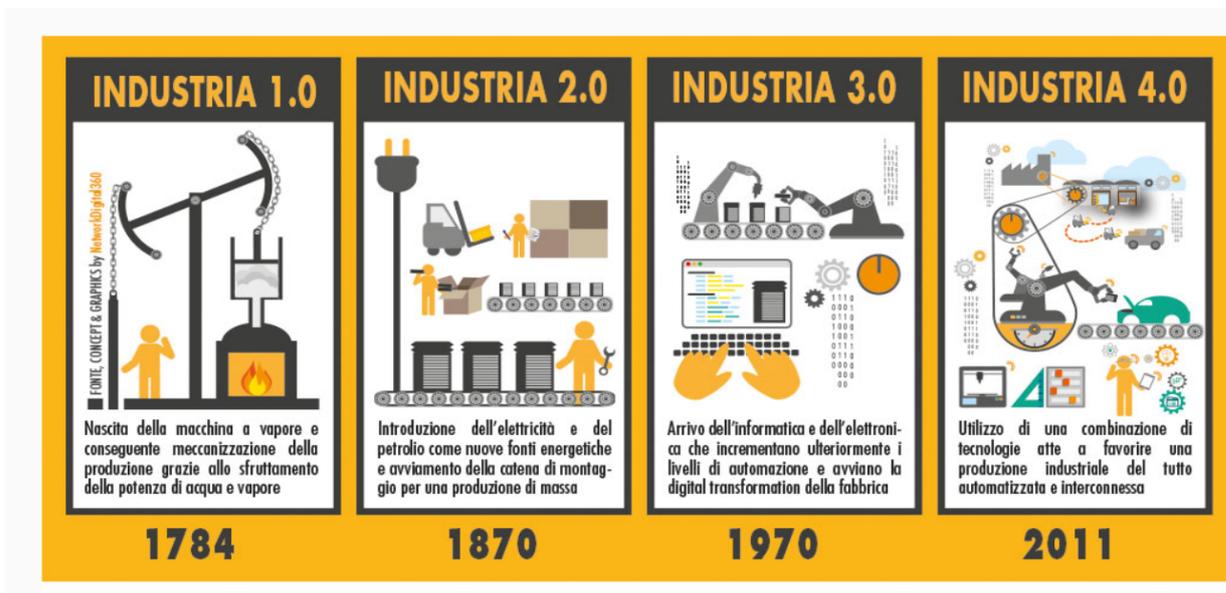
CAPITOLO 1: UNA NUOVA RIVOLUZIONE

1.1.1 Un salto nel passato: dalla prima alla quarta rivoluzione industriale

Sebbene la quarta rivoluzione industriale stia generando un cambiamento nella società come mai prima d'ora, trae la sua origine da fondamenta e innovazioni introdotte dalle precedenti rivoluzioni. Per tale motivo, prima di addentrarci nelle dinamiche proprie dell'industria 4.0, è necessario ripercorrere i principali sviluppi in ambito tecnologico, economico e sociale che hanno preceduto questa nuova "industrializzazione".

Non a caso, le principali tecnologie impiegate all'interno dei processi produttivi delle imprese manifatturiere odierne sono figlie di numerosi anni di ricerca nei diversi ambiti scientifici. Soltanto grazie al progresso siamo giunti allo stato attuale della tecnologia e innovazione. Possiamo però ripercorrere i principali cambiamenti che hanno caratterizzato il mondo della produzione in tre macro – periodi: parliamo della prima, seconda e terza rivoluzione industriale (Zanotti, 2021).

Figura 1 – Cronologia delle rivoluzioni industriali



Zanotti, 2021, *Industria 4.0: storia, significato ed evoluzioni tecnologiche a vantaggio del business*

La Prima Rivoluzione Industriale è collocabile storicamente a metà del diciottesimo secolo e si estende fino alla metà del secolo successivo. La culla dei numerosi mutamenti associati all'industria 1.0 fu la Gran Bretagna. I cambiamenti più rilevanti furono quelli

attinenti la produzione, più in particolare cosa produrre, come produrre e dove produrre. La manodopera al tempo della prima rivoluzione industriale era costituita principalmente da un proletariato dequalificato e analfabeta, ridotto ad appendice della macchina. A lavorare in fabbrica non erano principalmente uomini ma occupavano un posto rilevante donne e bambini: nel 1830, in Inghilterra le donne costituivano quasi il 60% e i fanciulli sotto i 18 anni il 46% dei lavoratori in fabbrica. Si reputava che la piccola taglia dei bambini e l'agilità delle loro mani rappresentassero il miglior ausilio per le macchine. Inoltre, i fanciulli a differenza di uomini maturi venivano ridotti con maggior facilità a uno stato di obbedienza passiva. Gli imprenditori motivati dalla feroce concorrenza, cercavano di risparmiare ovunque fosse possibile sottoponendo i lavoratori a condizioni di lavoro disumane: ambiente di lavoro malsano, orari di lavoro che si aggiravano dalle 13 alle 15 ore giornaliere senza distinzioni per uomini, donne e bambini, turni continui e l'assenza di ogni forma di tutela in caso di malattie, infortuni e disoccupazione erano realtà tipiche dell'industria del tempo (Salvadori, 2006). L'alimentazione degli operai spesso si limitava ad un solo pasto al giorno e le condizioni delle loro abitazioni erano critiche. La realtà sociale dell'epoca era rispecchiata a pieno nella città: da un lato quartieri di famiglie benestanti, con infrastrutture e servizi, dall'altro fabbriche e quartieri degradati, ridotti in miseria, sovraffollati e spesso privi di acqua potabile e fognature.

Inoltre, la manodopera che precedentemente era destinata alla realizzazione di materie prime fu trasferita a quella di servizi e manufatti. Furono applicate le conoscenze scientifiche al mondo imprenditoriale con conseguente aumento della produttività. La formazione di "distretti industriali", ovvero aree geografiche caratterizzate dalla concentrazione di un gran numero di imprese appartenenti allo stesso settore, ha permesso alle stesse di beneficiare della specializzazione della manodopera, dei fornitori e spillover di conoscenza, cioè un fenomeno che prevede la condivisione di informazioni e conoscenze. A differenza del passato l'agricoltura non è più il settore principale, ma il settore industriale inizia ad assumere un ruolo di estrema centralità. Il principale elemento innovativo fu senza ombra di dubbio la macchina a vapore, invenzione di James Watt nel 1769. Tale innovazione permise alle fabbriche di abbandonare l'utilizzo dei mulini e introdurre una meccanizzazione della produzione con conseguente accrescimento della velocità e potenza.

La Seconda Rivoluzione Industriale si colloca storicamente nella seconda metà del diciannovesimo secolo. In questa seconda rivoluzione vedremo ancora più marcato il legame tra scienza, tecnologia e mondo della produzione: numerosi scienziati di spicco misero i loro studi e analisi a disposizione del settore industriale. In questa seconda ondata rivoluzionaria si verificarono dei miglioramenti non unicamente riguardanti l'industria ma anche relativi all' utilizzo di nuove fonti energetiche, più in particolare l'elettricità in un primo momento e successivamente il petrolio. Tutto ciò permise di incrementare ulteriormente, rispetto alla precedente generazione il livello di automatizzazione e produzione. I principali cambiamenti in ambito energetico sono associabili a inventori come Edison e Tesla. Anche nel mondo delle comunicazioni vi furono significative novità rappresentate dall'introduzione della radio e del telefono che finalmente rendevano possibile la comunicazione a distanza. Si inizia ad affermare progressivamente la catena di montaggio (James Taylor) e l'utilizzo dei nastri "trasportatori" che hanno permesso di realizzare la produzione di massa detta anche "a flusso", nonché la creazione di grandi quantità di prodotti standardizzati. La prima catena di montaggio fu introdotta nella Ford di Detroit nel 1913. Il processo produttivo fu frammentato in una molteplicità di operazioni elementari che ciascun operaio, al quale non era richiesto di possedere una formazione specifica, avrebbe dovuto compiere in maniera meccanica e ripetitiva. Sebbene la divisione del lavoro abbia permesso di conseguire notevoli risultati in termini di accrescimento delle quantità prodotte e riduzione dei costi di produzione, questa nuova modalità di fare impresa trasformava l'operaio in macchina. L'assenza di una legge a tutela del lavoro e la sete di guadagno dei datori di lavoro li portò a decurtare ulteriormente il salario dei lavoratori privi di alcuna tutela. Gli operai erano disposti ad accettare salari minimi e condizioni di lavoro pericolose pur di non essere disoccupati. Così come la precedente rivoluzione, il reclutamento del personale era ancora ampiamente diffuso tra donne e bambini spesso costretti a lavorare in ambienti sovraffollati e nocivi per la salute umana, con aria irrespirabile e condizioni igieniche pessime.

La Terza Rivoluzione Industriale si colloca negli ultimi trent' anni del ventesimo secolo. L'industria 3.0 fu travolta dalla terziarizzazione delle economie avanzate, si tende a sostituire sempre più il lavoro manuale con quello intellettuale. Il settore terziario e cioè dei servizi predomina rispetto a quello primario e secondario. I "colletti bianchi" superano i "colletti blu". Con l'espressione "blue collar" ci riferiamo a lavoratori impiegati nel

campo del lavoro fisico all'interno di fabbriche, officine e cantieri ai quali è richiesto il compimento di operazioni di carattere manuale. Con l'avvento di Industria 3.0 prevalgono invece lavori da scrivania e di carattere intellettuale. Parliamo di “knowledge workers”, nonché individui che all'interno dell'ambiente lavorativo utilizzano la conoscenza e il sapere come forza produttiva e fonte di vantaggio competitivo. Il passaggio da un'economia industriale, basata sul modello Taylor-Fordista, ad un'economia dei servizi fa sì che i beni scambiati non siano solo tangibili e concreti ma anche immateriali e cioè basati su flussi di conoscenza scambiate e condivise che assumono il ruolo di “prodotto”, al pari livello delle risorse materiali.

I lavoratori della conoscenza sono coloro i quali apportano costantemente idee innovative all'interno dell'organizzazione aziendale e utilizzano la conoscenza come strumento per risolvere problemi e completare i compiti loro richiesti. (Della Mura, 2018).

In fabbrica ci fu l'introduzione dell'ICT (tecnologie dell'informazione e della comunicazione) di prima generazione: l'informatica e l'elettronica permisero di accrescere ancor più i livelli di meccanizzazione non unicamente nel settore produttivo ma anche in quello organizzativo. In questa fase, nacque negli Stati Uniti il primo computer commerciale della storia, chiamato “UNIVAC I”, le cui dimensioni corrispondevano ad un armadio e il peso a si aggirava intorno alle 13 tonnellate. Fu creato per la necessità di monitorare il boom demografico che ci fu in America all'inizio degli anni Cinquanta, il cosiddetto *baby boom*. In un secondo momento l'ingegnere Pier Giorgio Perotto costruì l'Olivetti “*Programma 101*”, nonché il primo “desktop computer”: non parliamo più di un calcolatore ingombrante e costosissimo utilizzabile principalmente in ambito scientifico e lavorativo, ma di un calcolatore che diventa decisamente più piccolo e dal costo accessibile. Il vero elemento rivoluzionario fu Internet, spesso definito “ragnatela mondiale” perché corrisponde all'unione di migliaia di reti su scala mondiale che consentono agli utenti di accedere alla rete e comunicare real-time in qualsiasi località del mondo. Rappresenta uno dei mezzi più potenti per la raccolta e diffusione dell'informazione al livello globale (Signorelli, 2019). La progressiva digitalizzazione favorì la diversificazione delle infrastrutture e l'avvio di nuovi processi che migliorarono il lavoro delle persone e il livello qualitativo del processo produttivo.

Giungiamo finalmente alla Quarta Rivoluzione Industriale, più comunemente nota come industria 4.0. Le organizzazioni aziendali di tutto il mondo producono beni e servizi ricorrendo all'impiego di tecnologie digitali e impianti interconnessi tra di loro, altamente automatizzati che sono in grado di apprendere dai propri errori. Assisteremo alla creazione di nuovi modelli di business che attraverso sistemi produttivi e logistici intelligenti, riescono a soddisfare in real - time la domanda dei clienti, massimizzando il valore. Le nuove tecnologie permettono di collegare tutte le fasi del processo produttivo, dalla progettazione alla commercializzazione del prodotto.

Le caratteristiche di questa nuova era rivoluzionaria sono la velocità, la portata e l'impatto dei sistemi (Schwab, 2016). Sebbene le precedenti rivoluzioni furono caratterizzate da alcune scoperte "chiave", non si è mai assistito a progressi analoghi a quelli che stiamo vivendo.

Marco Taisch, docente di *Operations Management* presso il Politecnico di Milano commentò i diversi aspetti della Quarta Rivoluzione Industriale in questo modo: *“La connettività diffusa, la capacità di memorizzare un gran numero di dati a costi ragionevoli, la sensoristica a basso costo, e tutte le tecnologie unitamente considerare costituiscono la “rivoluzione delle rivoluzioni” (Vascellaro, 2018).*

Robotica, intelligenza artificiale, stampa 3D, Internet of Things, blockchain sono le parole chiave di questa era rivoluzionaria. I drivers di riferimento sono tecnologia e innovazione che permettono di creare un mondo in cui i sistemi di produzione virtuali e fisici cooperano l'uno con l'altro in maniera flessibile. Tutti i componenti fisici che vengono impiegati nel processo produttivo, come i macchinari, non esistono solo come li percepiamo attraverso i nostri cinque sensi ma anche attraverso un'immagine virtuale che si trova all'interno dell'Information Technology. Questa sfera virtuale fornisce una molteplicità di informazioni in base alle quali le componenti fisiche assumono decisioni autonome e le comunicano alle componenti fisiche vicine. Parliamo di sistemi cyber - fisici che rappresentano il cuore di questa rivoluzione. Il prefisso “cyber” si riferisce appunto a questa immagine virtuale e il termine “fisico” si riferisce al macchinario impiegato nel processo produttivo. La quarta rivoluzione è portatrice di un cambiamento di portata epocale che porterà alla nascita di nuovi modelli, paradigmi e strategie. Si tratta di un nuovo prototipo di industria caratterizzato da un elevato grado di interconnessione e automazione che va ben oltre la semplice catena di montaggio ma crea un vero e proprio

network di macchinari in grado di accrescere la produzione che diventa più intelligente, agile, efficiente, capace di ridurre il margine di errore e modificare autonomamente gli schemi di produzione sulla base degli input esterni ricevuti (Negri, 2017). Le organizzazioni aziendali possono così accrescere il grado di competitività ed efficienza attraverso la cooperazione e l'interconnessione delle risorse interne all'impresa e quelle collocate esternamente lungo la catena del valore. La quarta rivoluzione industriale, rappresentata da internet e intelligenza artificiale sta creando un nuovo mondo costituito da codici binari in grado di trasferire conoscenza, interagire tra di loro, creare oggetti e fornire servizi.

1.1.2 L'industria 4.0 come quarta rivoluzione industriale

Il termine industria 4.0 fu utilizzato per la prima volta in Germania nel 2011, precisamente durante la fiera di Hannover, durante la quale fu presentato un progetto di rilancio dell'industria tedesca, lo *Zukunftsprojekt Industrie 4.0*.

L'obiettivo di questo progetto fu quello di rinnovare il sistema produttivo e rendere la manifattura tedesca tra le più competitive al livello mondiale attraverso l'introduzione e la successiva integrazione di sistemi cyber-fisici in fabbrica.

Che cos'è una rivoluzione industriale? È un mutamento radicale delle strutture produttive e sociali, le cui ripercussioni superano di gran lunga la sola realtà aziendale.

Questi processi sono storicamente associati all'introduzione sul mercato di nuove tecnologie, da cui con il passare del tempo si origina un intero ecosistema di tecniche e imprese che grazie al miglioramento dell'efficienza dovuto all'innovazione, rende possibile il superamento dei sistemi precedenti favorendo l'inizio di un periodo di profondi cambiamenti e sviluppo.

L' "industria 4.0" rappresenta una nuova rivoluzione nella quale le imprese, motivate dall'esigenza di risultare competitive nello scenario di un mercato divenuto ormai globale, individuano nella tecnologia e nell'innovazione tecnologica gli strumenti attraverso i quali attuare un miglioramento dell'apparato produttivo e di organizzazione del lavoro.

Il fulcro dell'industria 4.0 consiste nel radicale mutamento che ha caratterizzato la modalità di produzione di beni e servizi: tale capovolgimento può essere definito

“*rivoluzione digitale*”. La dimensione digitale ricopre un’importanza tale, per cui, spesso e volentieri il termine “digitalizzazione” viene utilizzato come sinonimo di “industria 4.0”. L’idea di base di questa nuova rivoluzione in corso è rappresentata da una forte interconnessione tra mondo fisico e digitale, ridisegnando completamente lo scenario industriale.

Lo smisurato sviluppo del web, dei social network, di tecnologie digitali, l’ampio ricorso a macchinari connessi tra loro e il gran numero di informazioni estrapolabili da internet hanno avuto profonde ripercussioni sul nostro modo di vivere, lavorare e relazionarsi gli uni con gli altri. Parliamo di una trasformazione che per grandezza, portata e complessità, spezza i confini tra mondo fisico, digitale e biologico alterando il modo di operare di imprese, persone e governi con conseguente trasformazione della società (Schwab, 2016).

Siamo di fronte a una transizione: dal vecchio concetto di fabbrica alla Smart factory, caratterizzata da un processo produttivo digitalizzato e sistemi di produzione adattati alla modernità, in grado di impiegare al meglio le risorse disponibili, al fine di massimizzare i profitti e minimizzare i costi sostenuti.

Con il termine “industria 4.0” ci riferiamo quindi alla creazione di un valore aggiunto grazie alla digitalizzazione dell’industria. La “Smart factory” si avvale di un gran numero di macchine intelligenti, collegate ad internet e altamente interconnesse tra di loro, che sono in grado di realizzare complesse analisi attraverso l’impiego di un ingente numero di dati digitali (big data) che possono essere rapidamente processati da banche dati centralizzate. Facciamo altresì riferimento al collegamento real-time che vede protagonisti macchinari, individui e oggetti per la realizzazione di una gestione “smart” dei sistemi logistico – produttivi.

La Quarta Rivoluzione Industriale ha tre caratteristiche distintive (Ghedin, 2020):

- 1) Velocità di diffusione esponenziale in quanto l’informazione e la conoscenza odierna si propagano in un batter d’occhio sulla rete globale.
- 2) Ampia portata: la singola innovazione genera altre innovazioni in un processo che si autoalimenta. La trasformazione in atto si basa sulla rivoluzione digitale e attraverso la combinazione delle diverse tecnologie disponibili sta generando cambiamenti senza precedenti.
- 3) Intensità: il cambiamento ci ha travolto come uno tsunami, ha coinvolto tutto il mondo e non solo qualche settore come nelle precedenti rivoluzioni.

Il fondamento di industria 4.0 parte dall'idea di un miglioramento, di un cambiamento e di innovazione continua che attraverso l'introduzione di artificial intelligence e tecnologie digitali in fabbrica permette di definire la Smart Factory, nonché la concretizzazione dei principi della Quarta Rivoluzione Industriale.

La Smart Factory si articola in tre pilastri fondamentali (Argenti, 2019):

- Smart production: l'insieme delle nuove tecnologie produttive che creano collaborazione tra operatori, macchinari e strumentazioni;
- Smart services: l'insieme dei servizi innovativi che comprendono tutte le "infrastrutture informatiche" e tecniche capaci di integrare e connettere le aziende tra di loro e con strutture esterne;
- Smart energy: una nuova filosofia aziendale che si prefigge come scopo primario quello di minimizzare ogni forma di spreco energetico, realizzando sistemi energetici performanti in grado di ridurre al minimo i consumi.

In Italia, così come nel resto del mondo si è diffuso il concetto di "*industria del futuro*", nonché una nuova visione di organizzazione aziendale in cui il binomio vincente è rappresentato da *tecnologie digitali e connessione internet* che diventano elementi ai quali non è più possibile rinunciare.

Tutte le organizzazioni aziendali intenzionate a seguire i principi di "industria 4.0" devono introdurre al loro interno queste nuove tecnologie e realizzare un cambio di mentalità aziendale. In questo modo, le imprese attraverso la produzione intelligente possono conseguire vantaggi di enorme portata che solo qualche anno fa erano considerati una meta lontana da raggiungere.

Il principale vantaggio consiste nella realizzazione di una produzione flessibile attraverso la produzione di piccoli lotti mantenendo un elevato grado di personalizzazione a beneficio del cliente, sostenendo costi contenuti. Ne derivano numerosi vantaggi in termini di time to market, nonché il tempo che intercorre tra la progettazione del prodotto e la sua commercializzazione. La produzione intelligente permette inoltre di accrescere la produttività e lavorare in condizioni di efficienza. La maggiore efficienza è realizzabile grazie alla raccolta di un gran numero di dati attraverso i quali si cerca di comprendere come vengono utilizzate le risorse e capire se c'è la possibilità di impiegarle in maniera più efficace. Tutte le opportunità che derivano da questa nuova era della "*digital*

transformation” permettono alle organizzazioni aziendali di accrescere la competitività al livello mondiale e di fronteggiare al meglio le sfide proposte dal mercato.

1.1.3 Il processo di migrazione da azienda tradizionale a industria 4.0

L’industria 4.0 non è uno scenario futuristico ma parliamo di qualcosa che sta accadendo oggi e che dovremmo considerare come normalità e consuetudine in futuro.

Proprio per questa ragione i manager devono essere in grado di fronteggiare questi mutamenti e adeguare la mentalità imprenditoriale a questa nuova realtà rivoluzionaria. Solo in questo modo sarà possibile non perdere terreno sul mercato, mantenendo elevati i livelli di competitività. Il passaggio da una fabbrica tradizionale a una intelligente in questi ultimi tempi è una condizione necessaria per restare al passo coi tempi. Si tratta di un nuovo modo di fare impresa che punta alla realizzazione di un business model innovativo che “supera” quello tradizionale. Digitalizzare l’organizzazione aziendale non significa soltanto adottare nuove tecnologie ma prevede l’attivazione di un vero e proprio pool di mutamenti che riguardano l’intera impresa. Per far ciò è necessario adottare una serie di cambiamenti organizzativi, tecnologici, ma anche culturali e manageriali. Questo processo di trasformazione coinvolge tutto lo staff, l’organico e i processi aziendali. Come prima cosa è importante sottolineare che il fondamento della fabbrica intelligente è l’importanza del dato, quindi la capacità di identificare, gestire, analizzare i dati per creare valore nei processi di business. Prima della quarta rivoluzione industriale i produttori si affidavano a metodi manuali per il reperimento dei dati, eseguire analisi, elaborare informazioni. Oggi il panorama competitivo della produzione è cambiato, così come lo scenario tecnologico grazie a rilevanti progressi come i big data e Internet of Things. I processi manuali, al giorno d’oggi, non sono più efficienti perché richiedono grande impiego di tempo, risorse, denaro che si tramutano in una perdita di produttività, qualità del prodotto e produzione non ottimale dei macchinari.

Basti pensare a un possibile problema relativo alla qualità del prodotto o del macchinario, se ci affidassimo a processi manuali, gli ingegneri e gli operatori dovrebbero affrettarsi a raccogliere manualmente i dati dai vari sistemi prima di poter accertare il problema e imbattersi nella risoluzione dello stesso. Tutto ciò richiederebbe l’impiego di troppo tempo e denaro.

Con la nascita della fabbrica intelligente il fondamentale processo di estrazione di informazioni dai dati diventa automatizzato, istantaneo e semplificato.

Per realizzare un processo di evoluzione verso la “fabbrica intelligente” individuiamo quattro livelli fondamentali (Sundblad, 2019):

- Il primo passo per abilitare una Smart Factory è connettere i dati. In questa prima fase i macchinari forniscono i dati necessari che vengono poi raccolti in un unico repository. Avere tutti i dati in un solo archivio digitale permette di conseguire analisi più fluide e agevola la risoluzione dei problemi con minori attriti e impiegando minor tempo. Inoltre, un’infrastruttura di dati connessa consente il monitoraggio in tempo reale, nonché il controllo da remoto della fabbrica.
- Al secondo livello i dati raccolti vengono utilizzati per favorire una risoluzione proattiva dei problemi. L’analisi predittiva, nonché la raccolta di dati, l’utilizzo di algoritmi statistici e tecniche di machine learning, consente di individuare la probabilità di risultati futuri sulla base di dati storici. In tal modo è possibile andare oltre la semplice comprensione del problema ma riuscire a valutare ciò che potrebbe accadere in futuro. Tutto ciò permette di effettuare un monitoraggio intelligente riuscendo a prevedere disservizi, malfunzionamenti e guasti. L’analisi predittiva combinata con un’infrastruttura di dati connessa crea un sistema intelligente che identifica rapidamente le informazioni e consente di intraprendere azioni per prevedere e prevenire problemi all’interno dell’organizzazione aziendale. È possibile inoltre avvantaggiare i decisori umani ricorrendo alla *Predictive Quality Analytics* cioè il processo di estrazione e analisi dei dati al fine di prevedere stop produttivi, colli di bottiglia e inefficienze riuscendo ad evitare errori che potrebbero compromettere la qualità del prodotto.
- Arrivati alla terza fase parliamo di analisi prescrittiva. Non ci si ferma alla previsione di errori ma il machine learning suggerisce impostazioni ottimizzate al fine di raggiungere il livello di produzione ottimale, massimizzare l’efficienza e migliorare il ciclo di vita dei macchinari.
- Il quarto e ultimo livello prevede il raggiungimento della completa automazione guidata dall’intelligenza artificiale. L’intero processo decisionale è automatizzato. Ad esempio, gli algoritmi di intelligenza artificiale potrebbero individuare un’ottimizzazione della linea produttiva, quindi genereranno e invieranno le

impostazioni consigliate in tempo reale alla macchina le quali verranno eseguite automaticamente. In questo modo processi più rischiosi per la sicurezza che in precedenza avevano bisogno di un operatore addetto alla supervisione possono essere automatizzati demandando alle macchine tali operazioni pericolose.

Come detto in precedenza, per rendere una fabbrica “intelligente” non bisogna concentrarsi unicamente sull’implementazione di nuove tecnologie ma è necessario sviluppare una nuova cultura dell’innovazione a supporto delle imprese tenute a fronteggiare il gap tra competenze disponibili e quelle necessarie per fronteggiare il percorso di trasformazione digitale. Le nuove tecnologie in costante miglioramento e l’innovazione modificano velocemente l’ambiente di riferimento in cui si opera. Per questo è fondamentale sviluppare una mentalità agile, flessibile, aperta al cambiamento e in grado di individuare le opportunità che ne derivano. Con il progresso tecnologico emerge l’esigenza di sviluppare nuovi profili professionali, mentre quelli tradizionali necessitano di evolversi (Acerbi, Assiani, De Carolis, 2019). A fare la differenza sono le competenze trasversali (soft skills): il lavoratore diventa un problem - solver con skills più ampie in termini di flessibilità che la cultura 4.0 richiede. Gli operatori non sono tenuti a monitorare i normali processi ma devono intervenire ogni qual volta che si verifica un’anomalia che il macchinario non è in grado di risolvere autonomamente. Le mansioni del lavoratore in questo nuovo contesto vengono completamente ridisegnate: non basta più compiere ripetutamente le stesse operazioni standardizzate, il lavoratore 4.0 deve essere disposto a imparare continuamente, condividere conoscenze ed esperienze, deve saper comunicare, lavorare in team, gestire imprevisti e conflitti con creatività e prontezza.

Sono altresì richieste le *digital soft skills*, cioè la capacità di identificare informazioni di valore all’interno di reti e comunità virtuali per perseguire obiettivi aziendali (Capoferro, 2021). Il focus è il cliente e il grado di soddisfazione dello stesso. Per fare ciò il lavoratore 4.0 deve immedesimarsi nelle sue esigenze e avere ottime capacità comunicative e relazionali. Lo sviluppo di industria 4.0 richiama fortemente il concetto di Lean organization: parliamo di una filosofia aziendale che punta alla creazione di valore per il cliente eliminando ogni forma di spreco. In altre parole “fare sempre di più impiegando di meno” attraverso il coinvolgimento attivo di tutti all’interno dell’impresa per garantire il miglioramento continuo. In un’organizzazione “snella”, ogni membro del team deve

essere in grado di comprendere la missione aziendale, i valori fondamentali, gli obiettivi strategici. Tutto il personale è focalizzato ad individuare, preservare e aumentare il valore per il cliente per poi produrre ciò che vuole nella quantità richiesta eliminando ogni forma di spreco. I dipendenti all'interno dell'organizzazione aziendale sentendosi coinvolti e partecipi in qualcosa in cui credono, attivano i loro migliori talenti favorendo il raggiungimento di migliori risultati. Il modello di produzione diventa quindi altamente personalizzato, le richieste e i desideri del cliente sono alla base del processo di progettazione, produzione e commercializzazione del prodotto. Ancora una volta i dati sono lo strumento attraverso il quale è possibile definire i bisogni dei clienti, studiare le caratteristiche psicografiche delle persone in base ai loro comportamenti su internet o sui social network e realizzare soluzioni personalizzate per il singolo individuo.

Il processo di migrazione da fabbrica tradizionale a industria 4.0 ha segnato il passaggio da un tipo di produzione di massa atta a produrre una grande quantità di prodotti standardizzati a una produzione intelligente e altamente flessibile che permette di ampliare e diversificare la gamma di prodotti mantenendo elevati standard qualitativi ed elevato grado di personalizzazione del prodotto sulla base delle esigenze dei clienti. La fabbrica intelligente va a ridisegnare i processi produttivi in un'ottica smart utilizzando la tecnologia come strumento chiave per mettere in comunicazione macchinari e sistemi informatici. Questo nuovo prototipo di industria mette in rete componenti della produzione manifatturiera che precedentemente operavano in maniera isolata, rende possibile progettare un nuovo prodotto al computer e realizzare un prototipo senza alcun intervento fisico da parte dell'uomo e permette di lavorare con estrema velocità e precisione passando da un prodotto all'altro. La maggiore flessibilità consente ad un'impresa intelligente di adattarsi rapidamente ad una vasta gamma di ambienti grazie alla capacità dei processi di adattarsi e ottimizzarsi rapidamente fronteggiando al meglio le sfide del mercato.

Indubbiamente, le nuove tecnologie di Industria 4.0 hanno profondamente modificato le modalità di fare business. Basti pensare ad Amazon che nel campo delle vendite ha completamente rivoluzionato i canali di distribuzione oppure grandi giganti come Netflix che attraverso la fruizione di grandi contenuti via web ha generato il declino di una grande società statunitense come Blockbuster. Oggi il progresso tecnologico rende possibile la disintermediazione nella vendita di prodotti e servizi creando un mercato unico su scala

mondiale. La nascita di nuove start – up aumenta la concorrenza e mette a repentaglio la sopravvivenza di organizzazioni già da tempo presenti sul mercato per le quali la conversione al digitale non è facile. Per questo è necessario ridefinire l'organizzazione e i processi aziendali rendendo partecipe tutto il personale in questo percorso di transizione, nel tentativo di comprendere le possibili mancanze rispetto alla direzione evolutiva che caratterizza il mercato e attuare tutte le misure necessarie per dare avvio al cambiamento.

1.1.4 I principali effetti della Quarta Rivoluzione Industriale

L'avvento della Quarta rivoluzione industriale ha prodotto degli effetti pervasivi e di ampia portata che hanno travolto tutto il sistema economico. Il rapido progresso tecnologico degli ultimi anni ha cambiato profondamente la nostra vita quotidiana, le nostre abitudini e il modo di lavorare nella maggior parte dei settori dell'economia.

Nel momento in cui si trasforma un'organizzazione aziendale in una realtà digitale e smart è inevitabile che ci siano cambiamenti nelle dimensioni aziendali, nei ruoli, nella divisione del lavoro tra i dipendenti e nelle mansioni che i membri appartenenti all'organizzazione aziendale devono assumere. Secondo il paradigma proposto da Chandler (1962) “*structure follows strategy*”, l'organizzazione e la strategia aziendale sono destinate a modificarsi e cambiare per sostenere le innovazioni nel business model e nel processo produttivo (Marone, 2020).

Le nuove tecnologie emergenti consentono alle organizzazioni aziendali di essere più agili e flessibili, in grado di reagire con prontezza ai rapidi mutamenti creati da questa spinta innovativa. Per stare al passo con una società in costante cambiamento, in cui il progresso tecnologico fa passi da gigante, è necessario reinventarsi e ridefinire le caratteristiche della struttura aziendale.

Bisogna pensare alla nuova organizzazione aziendale come una realtà in grado di auto - organizzarsi, di realizzare partnership, e di reperire talenti che abbiano le giuste competenze digitali, in grado di impiegare tutte le informazioni e la maggiore trasparenza offerta dalla tecnologia per cogliere le opportunità che le si presentano ed essere capace di organizzarsi con prontezza ed efficacia (Kottler, 2014).

Il vecchio sistema gerarchico tradizionale, basato su una struttura verticale, con ruoli settoriali e scarsa flessibilità delle competenze risulta essere obsoleto e inadatto a questa

nuova realtà. Al contrario, modelli organizzativi flessibili e proattivi risultano più idonei. La transizione delle imprese da una struttura verticale a una orizzontale è strettamente connessa alle nuove tecnologie e permette alle organizzazioni aziendali di risultare agili: la significativa diffusione di informazioni e dati, l'utilizzo di dispositivi digitali e di piattaforme di rete impatta significativamente sull'attività di *decision making* e sulla ridefinizione dei ruoli aziendali. Le decisioni non devono essere prese in maniera autoritaria dal top manager, il quale tende a non coinvolgere i propri dipendenti e le loro opinioni. Al contrario, è necessario abbracciare strutture flessibili, in cui alla base dell'organizzazione non c'è il singolo manager ma team costituiti da professionisti e dipendenti provenienti dai vari dipartimenti aziendali. Le idee non provengono più solamente dall'alto ma, vengono sviluppate anche dal basso verso l'alto (bottom up) e coordinate con un approccio top – down per l'approvazione e il supporto.

La maggiore flessibilità richiesta da Industria 4.0 all'interno dell'organizzazione è invece legata alle mansioni dei dipendenti. Il ruolo del dipendente non è più ancorato allo svolgimento di *routine tasks* ma parliamo di *empowered roles* (Draft, 2008): il dipendente sulla base del pool di competenze che possiede può essere coinvolto in una pluralità di attività. Il concetto di flessibilità si evince anche dal fatto che all'interno dei team ci siano una pluralità di persone, con competenze e caratteristiche distinte, che svolgono i propri compiti sulla base del ruolo che rivestono all'interno dell'organizzazione ma allo stesso tempo risultano fortemente interdipendenti con gli altri membri del team. All'interno del team deve esserci il giusto bilanciamento tra individualità dei compiti e collettività delle relazioni rilevanti per i risultati aziendali (Salas, Shuffer, Thayer, Bedwell, Lazzara, 2015). I ruoli non sono più fissi come nelle organizzazioni tradizionali ma flessibili. L'avvento della tecnologia sta portando a una trasformazione del team da una natura fisica a una virtuale, nella quale le relazioni avvengono online. In questo modo, è possibile lavorare con persone geograficamente distanti che rimangono connessi grazie alla tecnologia che permette di abbattere ogni forma di ostacolo alla comunicazione. Le motivazioni possono essere molteplici: avvicinare l'impresa al cliente, realizzare progetti con persone geograficamente distanti il cui contributo è fondamentale, ridurre i costi e tempi di trasferta.

Infine, sotto il profilo del coordinamento si è sviluppato un nuovo approccio lavorativo: lo Smart Working. Parliamo di una nuova filosofia manageriale le cui fondamenta sono

la flessibilità e l'autonomia delle persone e del luogo di lavoro. Sfruttando le nuove opportunità offerte dal digitale si cerca di rendere il lavoro più efficace e produttivo nelle nuove realtà aziendali e far sì che l'esperienza lavorativa per i dipendenti sia meno stressante e più motivante. Lavorare da remoto permette alle organizzazioni di ridurre le dimensioni della struttura, snellendo così la struttura dei costi. È un modo di lavorare non convenzionale che stimola l'innovazione, la logica imprenditoriale e la responsabilità dei lavoratori che collaborano tra di loro. Il lavoratore non si sente più valutato sulla base delle ore passate in ufficio, ma sulla base dei risultati perseguiti.

Il digitale consente di ampliare e rendere virtuale l'ambiente lavorativo, creando un *digital workplace*, cioè un ecosistema virtuale che permette a manager, dipendenti e collaboratori di essere sempre connessi migliorando la produttività, la collaborazione, la comunicazione e il coordinamento della struttura aziendale.

CAPITOLO 2: LE TECNOLOGIE ABILITANTI DI INDUSTRIA 4.0

L'Industria 4.0 e lo sviluppo della Smart factory è realizzabile attraverso il miglioramento, l'integrazione e l'implementazione di diverse tecnologie. Secondo alcune analisi condotte dalla BCG – Boston Consulting Group, la quarta rivoluzione industriale si basa sull'adozione di tecnologie definite "abilitanti", alcune delle quali sono vecchie conoscenze, presenti da anni, che non hanno mai sfondato il muro della divisione tra sistemi di produzione e ricerca applicata. Oggigiorno invece, ci stiamo dirigendo verso la customizzazione di massa grazie all'interconnessione e alla collaborazione tra sistemi. Ne derivano numerosi benefici, in particolare per il settore manifatturiero. L'adozione di tecnologie abilitanti permette alle imprese di migliorarsi e creare processi produttivi più efficienti, snelli e immediati creando al contempo valore aggiunto grazie alla relazione e all'interconnessione tra i soggetti e gli impianti impiegati all'interno dell'organizzazione aziendale.

Figura 2 – Tecnologie abilitanti di industria 4.0



Focus Industria 4.0, 2019, Le tecnologie abilitanti del piano nazionale impresa 4.0

2.2.1 Advanced Manufacturing Solution

L' *Advanced Manufacturing Solution* è una delle risorse ritenute fondamentali nel paradigma di industria 4.0. Parliamo di un settore della robotica dominato dalla presenza di robot collaborativi che attraverso l'utilizzo di tecnologie e tecniche sono in grado di ottimizzare la progettazione, i processi produttivi e realizzare prodotti differenziati, economici e competitivi. Secondo Murphy Robin (2019), i robot intelligenti sono "creature meccaniche che possono funzionare in maniera autonoma e del tutto indipendente". Il termine "creature" viene utilizzato per sottolineare quanto questi robot di ultima generazione, pur essendo assemblati dall'uomo, non solo permettono di alleggerire la fatica, ridurre le ore di lavoro e i tempi di esecuzione degli operatori ma sembrano essere delle creature pensanti, in grado di prendere decisioni autonomamente e riprogrammarsi in base alle esigenze del processo produttivo. Secondo un report fornito dalla Federazione Internazionale di Robotica (IFR), nel 2019 il numero di robot industriali presenti all'interno delle imprese di tutto il mondo si aggirava intorno a 2,7 milioni. Milton Guerry, presidente del IFR, ha sottolineato che lo stock di robot presenti all'interno delle organizzazioni aziendali ha raggiunto il livello più alto che si sia mai registrato nella storia con un aumento al livello mondiale di circa l'85% in soli cinque anni, più precisamente dal 2014 al 2019 (Canna, 2020). Sulla base di questi dati si evince

come il futuro e l'ormai presente di numerosi settori industriali, in particolare quello automobilistico e manifatturiero, sia sempre più collegato alla robotica collaborativa. Nel paradigma di industria 4.0 non parliamo di agenti robotici tradizionali, isolati dall'ambiente produttivo, programmati per compiere una mansione specifica e predefinita, bensì di agenti robotici concepiti per interagire e collaborare con l'operatore umano per la realizzazione dei processi produttivi in uno spazio di lavoro condiviso e non più in ambienti separati. Per poter coesistere, collaborare e interagire al meglio con l'uomo, il robot deve possedere capacità di interazione quasi umane: la percezione dell'ambiente e la capacità di prevedere l'intenzione umana sono un requisito fondamentale nell'interazione fisica uomo – robot. I nuovi robot inoltre, sono in grado di dialogare con altre macchine e collaborare attivamente con le persone.

In questo modo si genera un binomio nel quale uomo e agente robotico lavorando insieme beneficiano reciprocamente dell'azione coordinata di entrambi. Il robot è in grado di sollevare l'uomo dal compimento di attività lavorative complesse, mansioni rischiose e ripetitive. D'altro canto l'agente robotico può usufruire delle capacità e abilità individuali dell'uomo, capace di prevedere e risolvere situazioni inaspettate e imprecise e di adeguarsi alla flessibilità e alla variabilità dei compiti (Frisoli, 2021). La robotica collaborativa si prefigge di automatizzare tutti i processi industriali presenti all'interno dell'organizzazione aziendale favorendo il raggiungimento di significativi vantaggi in termini di riduzione dei costi e tempi di gestione dell'attività lavorativa. I robot, infatti, possono lavorare ad alta velocità, senza affaticamento, con elevato grado di precisione e senza dover interrompere il processo di produzione. Ne deriva un notevole aumento del numero di unità prodotte in tempi molto più brevi generando un immediato snellimento della struttura dei costi di produzione per l'impresa.

Inoltre questa "tecnologia abilitante" permette di migliorare la qualità della produzione e l'efficienza del processo produttivo. Infatti, l'estrema precisione dei robot rispetto a quella posseduta dell'operatore umano permette di impiegare al meglio le materie prime, riducendo ogni forma di spreco, errori o disattenzioni, massimizzando il valore conseguito (Rocco, 2019). Un altro vantaggio è la maggiore sicurezza sul posto di lavoro. L'introduzione del robot all'interno dell'impresa genera un alleggerimento del carico lavorativo per i dipendenti che ne beneficiano in termini di benessere fisico e di acquisizione di tempo da dedicare ad altre mansioni che richiedono l'applicazione delle

maggiori capacità cognitive e manipolative possedute dall'uomo. Al contrario, attività ripetitive, pericolose e scarsamente ergonomiche, spesso causa di infortuni tra il personale addetto alla produzione, vengono automatizzate e demandate ai robot. L'imprevedibilità del comportamento dei consumatori, il rapido cambiamento dei trend del mercato e un ambiente particolarmente mutevole rende difficile per le imprese stabilire cosa produrre, dove, quando e in che quantità. In tal caso, la robotica collaborativa permette di immergersi rapidamente in nuovi mercati modificando in poco tempo, a basso costo e in maniera flessibile le varie linee produttive (Cocchi, 2021).

Nella fabbrica intelligente i robot a differenza del passato sono diventati più autonomi e come detto precedentemente, interagiscono e lavorano attivamente con i lavoratori in condizioni di sicurezza, senza alcun tipo di barriera separatoria.

A tal proposito, è bene specificare l'esistenza di diversi livelli di collaborazione tra uomo e robot (Callegari, 2019):

- Nel primo livello di collaborazione l'accesso allo spazio di lavoro è consentito unicamente al robot che tipicamente è ubicato in aree protette non accessibili all'uomo. In questo primo livello l'agente robotico si arresta o rallenta all'avvicinarsi dell'operatore, proprio perché parliamo di lavorazioni nelle quali ogni forma di contatto deve essere evitata in quanto potenzialmente dannosa.
- Il secondo livello può essere chiamato *coesistenza*: in questa modalità operativa è ammessa la condivisione dello spazio lavorativo tra robot e uomo, garantendo la massima sicurezza per l'operatore, per la realizzazione di operazioni "leggere" o realizzate a bassa velocità dal robot.
- Il terzo livello prevede la collaborazione tra uomo e robot che lavorano nello stesso spazio di lavoro, svolgendo in diversi momenti attività diverse nell'ambito di un determinato processo. In tal caso non vi è un'interazione diretta.
- Arrivati al quarto e ultimo livello, uomo e robot lavorano su un unico compito comune senza che ci sia alcuna forma di separazione temporale o spaziale, ma al contrario, è previsto un contatto volontario tra operatore e macchinario.

La nuova generazione della robotica collaborativa ha scritto un nuovo capitolo della robotica industriale. Il robot diventa leggero, collaborativo, flessibile, in grado di svolgere compiti delicati in cooperazione con l'uomo e utilizzabile con sicurezza in numerosi

campi applicativi che vanno da processi di assemblaggio fino al settore medico o dei servizi.

Secondo Karl Anton, capo della *Vehicle Operations* di Ford Europa, grazie al contributo dei robot: *“Le mansioni diventano più facili, più sicure e più veloci, integrando il lavoro dei dipendenti con abilità nuove, in grado di aprire un mondo di nuove possibilità in fatto di produzione e design”* (Facchetti, 2016)

I robot collaborativi sono una presenza ormai diffusa nelle fabbriche automotive più evolute, dove lavorano al fianco del personale. La casa automobilistica Ford è un esempio tangibile di robotica collaborativa che è stata capace di rendere il futuro della produzione una realtà concreta e attuale. Infatti, negli stabilimenti di Colonia, in Germania, vengono impiegati i cobot (collaborative robot) per assemblare quotidianamente centinaia di “Fiesta”, creando una realtà industriale dominata dalla perfetta coesistenza tra umani e robot.

Figura 3 – Cobot: l’uomo e la macchina collaborano



Colomba, 2016, Ford e la rivoluzione industriale 4.0: l’uomo e la macchina collaborano

2.2.2 Additive Manufacturing

L’*Additive Manufacturing*, comunemente nota come stampa tridimensionale, è una tecnica produttiva che attraverso l’impiego di tecnologie diverse tra loro permette di realizzare oggetti e manufatti tridimensionali partendo da un modello virtuale realizzato

con l'ausilio del software CAD. Si tratta di un nuovo modo di concepire il processo produttivo che sta stravolgendo la maggior parte dei settori industriali e professionali. La manifattura additiva procede per addizione: il processo di creazione si realizza attraverso la sovrapposizione di sottili strati di materiale allo stato fuso o semifuso che si legano al precedente dando vita al prodotto inizialmente progettato. Si contrappone alle tradizionali tecniche di manifattura, definita anche sottrattiva, nelle quali il prodotto è realizzato procedendo per sottrazione. Ne sono un esempio lavorazioni come la tornitura e la fresatura nelle quali il pezzo lo si ricava attraverso l'asportazione di materiale dal blocco iniziale (Condemi, 2021). L'additive manufacturing non è un'invenzione recente, fu utilizzata a partire degli anni '80 nella prototipazione rapida, ma solo negli ultimi anni questa tecnologia e le sue opportunità di utilizzo si sono evolute significativamente concretizzandosi nella possibilità di realizzare oggetti di dimensioni maggiori in una varietà di materiali decisamente più ampia come il metallo, la plastica, leghe, fibre o ceramiche con tempi di realizzazione notevolmente ridotti rispetto al passato. Tutto ciò non può fare altro che aprire la strada a opportunità di business profittevoli che si adeguano ad un mercato che si orienta sempre più verso una produzione customizzata, rapidità di risposta e riduzione di ogni forma di spreco. Per la realizzazione di un prodotto con tecnica additiva devono essere rispettate delle fasi (AA.VV, 2020):

- Il primo passo è la *modellazione digitale*. In questa fase c'è un'ampia libertà di modellazione che consente al progettista di disegnare geometrie complesse in linea con gli obiettivi estetici e funzionali desiderati. Si parte quindi da un modello digitale dell'oggetto che si intende realizzare, progettato con l'ausilio di programmi per il disegno a tre dimensioni CAD (*computer-aided- design*).
- Nella seconda fase il modello digitale del bene è esportato in un file Stl (*Standard Triangulation Language*), nonché un formato che semplifica la geometria ripartendo la superficie dell'oggetto in poligoni. Le caratteristiche del file incidono sui requisiti fisici, produttivi e superficiali del bene: tanto maggiore è il numero di poligoni, tanto più elevato sarà il tempo e la precisione geometrica impiegati dal macchinario per riprodurlo. Il file ottenuto viene successivamente trasferito in un programma *Slicer* che consente al progettista di personalizzare e modulare i parametri di produzione.
- La terza e ultima fase è quella di stampa 3D: il materiale viene stratificato in vari livelli che vengono progressivamente sovrapposti gli uni sugli altri fino ad arrivare alla realizzazione del prodotto desiderato.

La manifattura additiva rappresenta una vera e propria evoluzione dell'industria manifatturiera che si concretizza in una "produzione digitalizzata" realizzabile attraverso il dialogo tra macchinario e computer, grazie alla condivisione di informazioni resa possibile da internet. Per comprendere a pieno le potenzialità di sviluppo che offre la manifattura additiva è bene sottolinearne i numerosi vantaggi. Questa tecnica consente di produrre oggetti dalla geometria estremamente complessa che con i sistemi tradizionali richiederebbero più assemblaggi. Un altro aspetto degno di nota sotto il profilo della produzione è che la realizzazione di varianti rispetto a un modello di base non implica costi aggiuntivi. Infatti, nello stesso lotto produttivo si è in grado di ottenere pezzi diversi, su misura, senza la necessità di intervenire sull'attrezzaggio della macchina. Ne consegue che la manifattura additiva apre nuove opportunità alla customizzazione di massa mantenendo un elevato grado di personalizzazione del prodotto (Sandonnini, 2020).

Uno degli aspetti più rilevanti risiede nel fatto che il progettista ha la possibilità di creare prodotti in estrema libertà, dal design accattivante e innovativo riuscendo allo stesso tempo a ridurre tempi e costi di produzione. Infatti, la fase di progettazione del prodotto non prevede la replicazione di qualcosa già esistente, ma è l'operatore che conferisce a proprio piacimento il suo contributo per valorizzare al meglio il prodotto soddisfacendo le specifiche richieste del cliente cui si rivolge. Altro aspetto rilevante che contribuisce alla realizzazione di un vantaggio competitivo è la notevole riduzione del "time to market", derivante dalla possibilità di introdurre sul mercato un prodotto con maggiore velocità. Diventa inoltre possibile per le imprese gestire la catena di approvvigionamento a distanza, potendo accedere a stampanti 3D e sistemi di produzione attraverso le tecnologie di comunicazione internet, con grossi benefici in termini di riduzione di scorte e costi.

I principali ambiti applicativi della stampa 3D sono riconducibili a quattro branche principali (Bacchetti, Zanardini, 2016)

- Prototipazione: permette di testare diversi modelli e versioni di un componente, ottenendo feedback immediati per migliorare il prodotto.
- Produzione diretta: in tal caso l'utilizzo di tecniche additive punta alla diretta realizzazione di prodotti finiti pronti per la commercializzazione.
- Produzione indiretta: prevede la realizzazione della strumentazione richiesta per la creazione di altri prodotti come stampi, centraggi e posaggi.

- Produzione di parti di ricambio: le tecniche additive in tal caso sono utilizzate per realizzare componenti destinati alla fase post-vendita di macchinari e impianti, con la possibilità di poter stampare nel bisogno o nel luogo in cui questo pezzo venga richiesto.

Sculpteo, azienda francese specializzata nella stampa 3D e produzione digitale ha pubblicato, come ogni anno, l'edizione "*State of 3D Printing 2020*", nonché uno studio internazionale che fa il punto della situazione sul settore della stampa 3D e fornisce un quadro completo del mondo dell'additive manufacturing. Il rapporto annuale ha evidenziato come questa moderna tecnica produttiva continua ad avere un rilevante impatto nello scenario della produzione industriale. Dai dati si evince che nel 2020 più del 52% delle imprese oggetto di studio hanno consolidato l'utilizzo della stampa 3D. Un aumento rilevante considerando che soli cinque anni prima, nel 2015, soltanto il 17% degli intervistati utilizzava questa tecnica di produzione (Margiov, 2020). Parliamo di una tecnologia che permette di migliorare l'intero processo produttivo e le strategie aziendali, restando al passo con il progresso tecnologico e conseguendo un vantaggio competitivo. Si tratta quindi di un settore che si sta espandendo sempre più, destinato ad inglobare e stravolgere le aree produttive delle più grandi e notevoli imprese manifatturiere.

2.2.3 Sistemi di produzione cyber – fisici

I sistemi di produzione cyber – fisici o *Cyber Physical Systems* (CPS) sono considerati una delle "tecnologie abilitanti" della quarta rivoluzione industriale, autentico simbolo di industria 4.0. Il concetto di sistemi cyber – fisici, fu introdotto per la prima volta da Helen Gill (2006) della *National Science Foundation*, negli Stati Uniti, al fine di definire una nuova generazione di sistemi che associano ad una componente cyber, cioè legata a competenze comunicative e computazionali, una componente fisica, associata alla capacità di controllo (Bottari, 2020). È prevedibile immaginare che parliamo di sistemi cyber – fisici in quanto ad ogni componente fisica corrisponde un gemello digitale. Con il termine "*physical*" ci riferiamo a un macchinario o una qualsiasi entità fisica e concreta, percepibile attraverso i cinque sensi umani. Con il termine "*cyber*" invece, ci riferiamo all'immagine virtuale degli oggetti, più precisamente la rappresentazione digitale degli stessi all'interno del mondo IT, che rispecchia il mondo al quale appartiene l'oggetto reale

arricchito da un livello di informazione aggiuntivo. Sulla base delle maggiori informazioni fornite dall'immagine virtuale, il singolo componente fisico decentrato è in grado di prendere autonomamente delle decisioni e comunicarle alle componenti fisiche vicine. Ne deriva che tali sistemi, avendo una duplice visione, e cioè quella reale e virtuale, e possedendo un'intelligenza decentrata, sono in grado di analizzare in maniera indipendente situazioni operative e prendere decisioni autonomamente. Le principali tecnologie abilitanti possono essere suddivise in tre macro categorie (Astone, Merolle, 2017):

- Sensori: integrati nelle componenti fisiche che permettono di estrapolare informazioni importanti relative all'ambiente di monitoraggio (tipologia di oggetto, posizione, stato).
- Attuatori: agiscono e mettono in atto le azioni, nonché le decisioni correttive richieste per migliorare o ottimizzare un processo.
- Intelligenza decentrata: in relazione al flusso di informazione ricevuto, elabora in real time le possibili scelte perseguibili e comunica contemporaneamente la decisione più idonea, entrando in comunicazione diretta con attuatori, sensori e i sistemi CPS.

L'impiego di questi sistemi interconnessi permette alle imprese manifatturiere di migliorare e accrescere la cooperazione tra i vari dipartimenti aziendali, rendendo disponibile flussi di informazione alle giuste persone e in tempo reale. Ne deriva quindi una notevole semplificazione e snellimento del processo decisionale, con conseguente accrescimento della produttività ed efficienza.

→ *Vantaggi del Cyber Physical Systems*

I principali benefici conseguibili dall'implementazione dei CPS nelle organizzazioni aziendali sono di vitale importanza (Astone, Merolle, 2017)

- La prima classe di benefici fa riferimento all'organizzazione aziendale nel suo complesso, più in particolare il profilo manageriale. Infatti, un buon sistema Cyber Fisico, grazie al flusso di informazione generato in tempo reale dalla sfera digitale del CPS, permette di creare nuove opportunità di business, attraverso le quali l'impresa può entrare maggiormente in contatto con il target di clientela cui si rivolge, riuscendo a reagire repentinamente e con flessibilità ai cambiamenti improvvisi del mercato.
- La seconda classe di benefici è riconducibile alla digitalizzazione del prodotto che diventa intelligente, in grado di condividere informazioni e comunicare internamente

ed esternamente all'impresa. Ne consegue un miglioramento della comprensione e configurazione dei servizi e processi.

- Un altro beneficio rilevante è quello che giova a favore dei diversi attori del value network, in particolare clienti e fornitori, i quali hanno la possibilità di integrare i propri dati e feedback all'interno del corrispondente ambiente produttivo.
- La gestione e l'utilizzo di assets in fabbrica, come impianti e macchinari viene semplificata e facilitata, con conseguente accrescimento dell'efficienza e sostenibilità produttiva, permettendo di agevolare la gestione del magazzino e accelerare i processi produttivi pur mantenendo un elevato grado di precisione.
- Grazie alla maggiore integrazione dei lavoratori all'interno dell'organizzazione aziendale, i flussi di conoscenza "viaggiano" più velocemente, l'esperienza lavorativa migliora ed è costantemente supportata.
- Ultimo vantaggio è quello attinente il livello di produzione che è destinata a crescere sempre più con informazioni gestite in maniera ottimale e performance in continuo miglioramento grazie al supporto digitale.

2.2.4 Internet of Things (IoT)

L'acronimo Internet of Things (IoT), comunemente noto come Internet delle Cose, è stato utilizzato per la prima volta da Kevin Ashton (1999), ricercatore presso il *Massachusetts Institute of Technology* e direttore esecutivo del consorzio di ricerca Auto – ID Center nel corso di una presentazione di un suo studio presso Procter&Gamble (Bellini, 2020). Secondo il ricercatore americano, così come Internet ha rivoluzionato il modo di vivere, la quotidianità e la sfera professionale del singolo individuo, l'Internet of Things ha un potenziale indescrivibile, capace di estendere la rete Internet al mondo degli oggetti. L'Internet of Things definisce una rete costituita da oggetti "intelligenti" interconnessi tra loro, capaci di acquisire, elaborare e comunicare informazioni. In questo modo, l'oggetto, acquisendo e trasferendo flussi di informazione, è in grado di aumentare la propria intelligenza e modulare il proprio comportamento sulla base delle necessità emerse. Diventa quindi possibile connettere in rete non unicamente dispositivi elettronici ma qualsiasi oggetto, macchinario, impianto di uso comune appartenente al mondo che ci circonda. Molti di noi già possiedono e utilizzano prodotti che rientrano nell'IoT: basti pensare all'utilizzo di smartwatch oppure l'utilizzo di elettrodomestici che si attivano autonomamente, in grado di regolare da soli le risorse consumate o ancora impianti di

riscaldamento e condizionatori capaci di imparare orari ed esigenze e scegliere la temperatura idonea per ogni momento. Oggigiorno, gli oggetti interconnessi tra di loro sono svariati miliardi. La presenza di questa tecnologia abilitante è ormai consolidata e destinata a crescere sempre di più aprendo nuove strade e prospettive un tempo inimmaginabili. Parliamo di un mercato appetibile, in fortissimo sviluppo i cui margini di espansione sono rilevanti. I dati emersi dallo studio condotto dall' *International Data Corporation (IDC)* parlano chiaro. Il report analizza e si sofferma sulle opportunità di sviluppo dell'IoT sotto il profilo industriale e tecnologico: la spesa destinata ad investimenti che inglobano questa moderna tecnologia registrerà un tasso annuale di crescita composto (CAGR) del 13,6% nel periodo compreso tra il 2017 e il 2022, fino a raggiungere un valore totale di 1.2 trilioni di dollari, specialmente nel settore manifatturiero e dei trasporti che supereranno i 150 miliardi di dollari di spesa entro il 2022 (Todorovich, 2021). Nel paradigma di industria 4.0, le possibilità di applicazione sono numerosissime e riguardano l'intera realtà aziendale. Con l'espressione Industrial Internet of Things (IIoT), ci riferiamo all'applicazione dell'insieme delle tecnologie IoT al mondo dell'industria. Questa distinzione nasce per marcare la differenza tra mondo consumer e quello business. All'interno dell'organizzazione aziendale, i sensori installati su macchinari e impianti sono in grado di estrapolare in tempo reale dati relativi a prodotti, servizi, processi, e più in generale sull'ambiente industriale favorendo così il miglioramento dell'efficienza e del valore complessivo della produzione. Gli ambiti applicativi sono numerosi (Gruosso, 2017):

- L'ingente mole di informazioni elaborate dalla piattaforma IoT permette di rilevare anticipatamente eventuali guasti, malfunzionamenti e rotture di macchinari o impianti per i quali il processo produttivo potrebbe interrompersi. La manutenzione diventa predittiva e basata sul monitoraggio continuo, garantendo migliori prestazioni, una maggiore sicurezza e un abbattimento dei costi di manutenzione.
- Con riferimento alla catena di approvvigionamento, i dispositivi intelligenti permettono di gestire le scorte in maniera ottimale riducendo notevolmente ogni forma di spreco e occupando meno spazio. Un esempio sono i sensori capaci di pianificare l'impiego just – in – time di componenti e di inviare l'ordine di fornitura nella quantità e al momento giusto, evitando lo stoccaggio di materiale in eccesso.
- La sicurezza sul posto di lavoro aumenta notevolmente grazie a sensori in grado prevenire e minimizzare possibili danni (ne sono un esempio i sensori dedicati alla

rilevazione di fughe di gas o movimenti non previsti vicino a impianti potenzialmente pericolosi).

- Infine, l'ammontare dei dati raccolti dai sensori fornisce una panoramica globale su tutta l'azienda. Parliamo di informazioni che hanno un ruolo strategico per il management per l'identificazione di eventuali colli di bottiglia, spesso causa di interruzioni del flusso di lavoro e rallentamento del processo produttivo, agevolando la realizzazione di futuri investimenti in maniera più proficua.

2.2.5 Cloud Computing

Con il termine Cloud Computing, letteralmente nuvola informatica, il *National Institute of Standards and Technology (NIST)* ha definito una pluralità di tecnologie informatiche che consentono di accedere, on demand, tramite internet da qualsiasi luogo e in maniera conveniente ad un pool di risorse di calcolo (applicazioni, reti, server, database e servizi) condivise e configurabili, rese disponibili con rapidità, con il minimo sforzo di gestione e con limitato intervento umano.

Il Cloud Computing si sta diffondendo sempre più rapidamente tra imprese, pubbliche amministrazioni e cittadini proprio perché incentiva un utilizzo flessibile delle risorse. L'avvento di questa tecnologia abilitante ha generato un significativo cambiamento del mondo dell'Information Technology rendendo più agile la gestione dell'IT e ridefinendo le modalità di gestione dei sistemi informatici. Nell'ambito industriale il cloud computing è un vero e proprio modello di business nel quale l'utente utilizza il prodotto in modalità *pay per use* e cioè, non lo acquista materialmente ma, lo utilizza a distanza sulla base delle proprie preferenze e necessità pur non disponendone fisicamente.

Il cloud è un provider che consente ai vari utenti di utilizzare software non propriamente installati sul proprio personal computer ma su uno spazio personale in internet (Russo, 2017). Funziona proprio come un hard disk, una cartella, un server, all'interno dei quali sono contenuti file ai quali l'utente può accedere via internet in ogni momento e ogniqualvolta ne senta la necessità. All'interno del contesto Cloud distinguiamo due diversi attori coinvolti: il "*cloud provider*" e cioè il soggetto fornitore del servizio al quale si rivolge il "*cloud consumer*", nonché l'utente finale o l'organizzazione, legati tra loro da una relazione di business. Sulla base di un apposito contratto il *Provider* si impegna a fornire e garantire i servizi richiesti, gestire l'infrastruttura e ricoprire

importanti responsabilità in tema di sicurezza e privacy dei servizi (Bermano, 2020). È bene domandarsi quali potrebbero essere le applicazioni concrete di questa tecnologia nella realtà aziendale. Sicuramente sotto il profilo lavorativo il Cloud Computing rende possibile lavorare in smart working potendo disporre delle stesse risorse hardware e software presenti nell'ufficio tradizionale. Inoltre i dipendenti possono lavorare congiuntamente ad uno stesso progetto accelerando notevolmente le tempistiche. Un ultimo esempio è la possibilità di creare uno spazio virtuale nel quale l'organizzazione aziendale conserva dati, documenti e file eliminando in questo modo, la possibilità di perderli in seguito a possibili incidenti o blackout inaspettati, proprio perché risultano essere accessibili in qualsiasi momento via internet. Tra le società leader nel settore di questa tecnologia, spicca Amazon Web Services (AWS), una piattaforma lanciata nel 2002 che attualmente rappresenta la principale fonte di incasso di Amazon e cioè il 58% del suo fatturato. AWS si occupa della vendita di una vasta gamma di servizi di cloud computing che permettono ai numerosi utenti la possibilità di innovare i loro sistemi informatici e il loro reparto IT. In conclusione, le cinque caratteristiche essenziali di questa moderna tecnologia sono (Lombardo, 2020):

- 1) Self - service su richiesta: gli utenti possono accedere alle risorse informatiche senza dover avere un'interazione umana con i provider.
- 2) Ampio accesso alla rete: le risorse sono disponibili in rete e accessibili tramite meccanismi standard che incentivano l'utilizzo da parte del cliente di piattaforme eterogenee (smartphone, tablet, computer)
- 3) Raggruppamento delle risorse: il provider, fornitore dei servizi, raggruppa le risorse per servire un maggior numero di utenti utilizzando un modello multi – tenant, con differenti risorse fisiche e virtuali assegnate in maniera dinamica sulla base della domanda dei consumatori.
- 4) Elasticità rapida: le funzionalità possono essere controllate e rilasciate elasticamente, talvolta automaticamente, scalando rapidamente in base alla domanda. Per il consumatore le funzionalità disponibili appaiono illimitate e possono essere richieste in qualsiasi momento e in qualsiasi quantità.
- 5) Servizio misurato: i sistemi cloud controllano e ottimizzano automaticamente l'utilizzo delle risorse.

2.2.6 *Intelligenza artificiale e Machine Learning*

Il Machine Learning, comunemente noto come apprendimento automatico, fu definito dallo scienziato americano Arthur Lee Samuel (1959) come “*un campo di studi che dà ai computer la capacità di imparare senza essere esplicitamente programmati*”. In sostanza ci riferiamo a sistemi intelligenti capaci di imparare dall’esperienza. L’ apprendimento si verifica quando le prestazioni e le capacità del computer migliorano in seguito alla realizzazione di un compito o di un’azione. Così come gli esseri umani sono in grado di migliorarsi e imparare da esperienze, siano esse positive e negative, il macchinario diventa capace di modulare il proprio comportamento sulla base dei propri errori. Il Machine Learning è una sottocategoria dell’Artificial Intelligence. L’AI racchiude tutte le tecnologie grazie alle quali macchine e programmi diventano capaci di eseguire mansioni e risolvere problemi proprio come farebbe il cervello umano. Il Machine Learning è un suo sottoinsieme e indica gli algoritmi e i modelli matematici basati su tecniche probabilistiche attraverso i quali un sistema è in grado di apprendere automaticamente senza essere preventivamente programmato, riuscendo così a migliorarsi col tempo (Kahl, 2021). Sotto il profilo informatico, l’approccio utilizzato dal programmatore muta notevolmente. Se in un primo momento, per istruire una macchina, il programmatore era tenuto a scrivere dettagliatamente righe e righe di codice relative al comportamento che la macchina avrebbe dovuto assumere caso per caso, oggi, grazie all’apprendimento automatico l’algoritmo stesso a seconda del pool di dati a sua disposizione compie determinate azioni. Questa tecnologia sta assumendo un ruolo sempre più consolidato nella fabbrica intelligente in cui macchinari, impianti e componenti sono interconnessi e comunicano tra loro. La raccolta di dati preziosi consente di automatizzare e velocizzare i processi aumentando l’efficacia ed efficienza aziendale. Ad esempio, gli algoritmi alla base dell’apprendimento automatico permettono di monitorare il consumo energetico dei macchinari valutandone lo stato e l’eventuale esigenza di manutenzione oppure permettono di controllare il livello qualitativo del bene nelle varie fasi produttive per evitare possibili difetti di produzione. Man mano che l’ammontare dei dati e la potenza di calcolo aumenteranno tanto più l’apprendimento automatico e più in generale le tecnologie di intelligenza artificiale saranno un elemento al quale le organizzazioni aziendali non potranno rinunciare.

2.2.7 *Big Data*

Nel paradigma di Industria 4.0 e nell'ambito dell'Information Technology i Big Data ricoprono un ruolo cruciale. Con il suddetto termine ci riferiamo a qualsiasi data set che superi le normali capacità di elaborazione dell'IT. Parliamo di dati informatici complessi e dal volume elevato che non possono essere gestiti ed elaborati con tecniche e metodi convenzionali. Ai manager viene richiesto di assumere un approccio completamente nuovo e accantonare il vecchio modo di pensare (Duplessie, 2012). Seppure le organizzazioni aziendali raccolgono e analizzano dati da numerosi anni, il concetto di Big Data ha assunto uno slancio diverso agli inizi degli anni 2000 quando Doug Lanely, vice presidente e Service Director della società Meta Group, scrisse un articolo nel quale sottolineava l'esigenza di adottare un nuovo approccio per gestire l'ingente mole di dati che la trasformazione digitale stava generando. L'analista ha definito il mondo dei Big Data secondo tre variabili: Volume, Velocità e Varietà (Rezzani, 2018):

- **Volume:** le rilevanti dimensioni della mole di dati contenuti all'interno dei data set dei Big Data sono sicuramente una delle caratteristiche che li contraddistinguono. Parliamo di una quantità difficilmente immaginabile. Per cercare di avere un'idea della grandezza di cui parliamo basti considerare, ad esempio, che giornalmente inviamo più di 65 miliardi di messaggi su Whatsapp, più di 240 miliardi di e – mail e che Google rileva oltre 70.000 ricerche al secondo e cioè più di 4 miliardi al giorno (Roli, 2019). Le quantità di dati disponibili aumentano in maniera esponenziale, ma se gestiti correttamente, permettono di estrapolare informazioni rilevanti per la creazione di valore.
- **Velocità:** i dati si rendono disponibili molto velocemente. Disporre di una quantità di dati così grande, richiede elevata velocità di raccolta e analisi degli stessi per intraprendere decisioni strategiche e di business in tempi rapidi riuscendo così a cogliere opportunità di sviluppo del mercato o superare al meglio eventuali crisi reputazionali.
- **Varietà:** i dati di cui dispongono le organizzazioni aziendali sono sempre più eterogenei e con diversa provenienza. Non parliamo unicamente di dati strutturati e cioè provenienti da sistemi informativi aziendali, facilmente memorizzabili, ma anche di dati non strutturati e cioè provenienti da fonti esterne come immagini, video, e - mail che sono più complessi da gestire e immagazzinare.

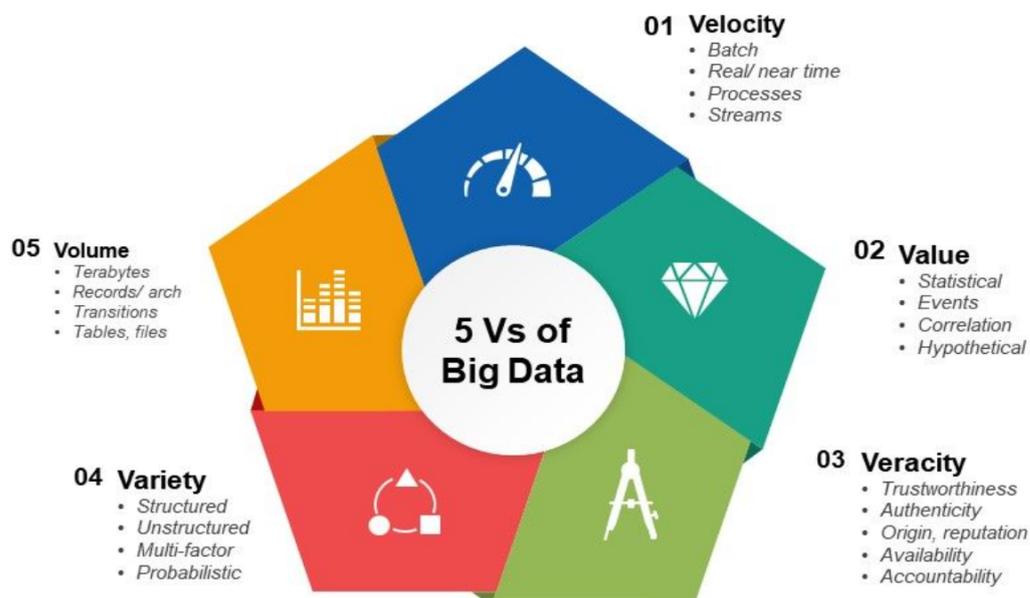
Con il passare del tempo, il modello dei Big Data si è evoluto, diventando sempre più diffuso e applicabile all'interno delle aziende. Pertanto è fondamentale considerare altre due dimensioni aggiuntive (Piva, 2019):

- **Variabilità:** l'interpretazione di uno stesso dato può variare in base al contesto nel quale viene estrapolato e analizzato. Pertanto, le imprese devono essere capaci di contestualizzare.
- **Veridicità:** con l'espressione ricorrente "*Bad data is worse than no data*", s'intende sottolineare quanto sia importante che i dati siano veritieri e affidabili. Questa sfida risulta difficile considerando la mutevolezza del significato dei dati e le fonti eterogenee dai quali provengono.

Le imprese devono quindi valutare accuratamente i Big Data e garantire l'integrità e la qualità delle informazioni al fine di intraprendere giuste decisioni.

I Big Data si traducono in una fonte di vantaggio competitivo per tutte le organizzazioni aziendali, piccole o grandi che siano, capaci di coglierne il potenziale e cioè, in grado di estrapolare dall'ingente mole di dati grezzi, informazioni di valore sulla cui base i *decision maker* compiono azioni strategiche più consapevoli e a supporto del business. Esercitare il controllo su informazioni di valore permette infatti, di sviluppare una visione più completa del mercato e prendere decisioni più mirate in grado di ottimizzare la performance aziendale. Come sappiamo, conoscere il mercato è una condizione necessaria per prendere decisioni aziendali efficienti. I Big Data permettono di accrescere il livello di informazione disponibile relativo al target dei clienti cui si rivolge l'impresa, le loro preferenze e le tendenze di mercato. Sulla base di queste informazioni, il manager può intervenire tempestivamente servendo al meglio la clientela e sviluppando nuovi prodotti o servizi prima che lo facciano i competitors. Le opportunità di crescita e sviluppo per un'impresa crescono notevolmente se si considera che con l'analisi dei dati è possibile individuare opportunità di business profittevoli, non ancora coperti dai concorrenti, che l'impresa può percorrere, valutandone anche i rischi potenziali (Omnia Group, 2018). I Big Data come detto in precedenza, grazie allo sviluppo dell'Internet of Things, sono inoltre ampiamente diffusi anche nella manutenzione di impianti e infrastrutture o per la risoluzione di inefficienze di una o più fasi di lavorazione. Possiamo concludere dicendo che le tecnologie dei Big Data combinati con modelli predittivi, permettono di ridurre notevolmente i costi, migliorare la *customer satisfaction* e ottimizzare i processi operativi.

Figura 4 – Big Data: il modello delle 5 V



Slide Team, 2020, Five Vs of Big Data Analysis

→ People Analytics: gestione del personale con i Big Data

Le risorse umane all'interno di un'organizzazione aziendale, rappresentano uno dei principali fattori di successo per l'impresa. Per People Analytics si intende l'utilizzo di analisi quantitative, processi, strumenti informatici a supporto del manager Human Resource (HR) per gestire al meglio la forza lavoro. Grazie ad internet e alle tecnologie ad esso annesso, tra cui i Big Data, le imprese stanno destinando sempre più risorse alla Data Analytics, al fine di utilizzare le informazioni estratte dai dati a supporto di decisioni legate alla gestione del personale. Il binomio Big Data e dipartimento HR è vincente. La raccolta di dati sul percorso di studi, conoscenze, competenze, esperienze lavorative pregresse e salari permette di elaborare strategie di successo, ridurre il turnover del personale e monitorare i costi (Gazzerro, 2020). La riduzione del tasso di turnover si realizza grazie alla comprensione dei motivi che spingono i dipendenti ad abbandonare il proprio ruolo ponendo in essere le azioni necessarie per evitare che ciò accada. Così come un bene raro è fonte di vantaggio competitivo, trovare e mantenere talenti

all'interno dell'organizzazione aziendale è fonte di successo. Come sappiamo, il successo di un'impresa è strettamente correlato alle competenze e le abilità possedute dai dipendenti. A tal proposito, lo HR Analytics è di particolare importanza perché agevola l'individuazione di lavoratori con competenze specifiche e ricercate, in particolare nel paradigma di Industria 4.0. Analizzare i Big Data permette di individuare le competenze chiave ed ideali per poi compararle con quelle possedute dai dipendenti. In questo modo è possibile conoscere il grado di distribuzione delle stesse e individuare eventuali carenze. I Big Data in ambito Human Resource permettono inoltre di conoscere quali profili professionali potrebbero venire a mancare in un futuro prossimo, incentivando una gestione del personale proattiva e, sulla base di scenari futuri e problemi percepiti anticipatamente il management può intervenire preventivamente con azioni correttive (Seghezzi, 2017). Un altro aspetto da considerare è la cultura organizzativa. I valori condivisi, i modelli comportamentali consolidati nel tempo, le consuetudini non scritte, costituiscono la cultura e sono molto difficili da cambiare. Utilizzare i Big Data per comprendere e analizzare a pieno la cultura che caratterizza l'ambiente lavorativo è fondamentale per conoscere e prevedere possibili tendenze future. In tal modo, se si avvertono segnali ai quali associare una cultura negativa e lesiva per i dipendenti si può intervenire prontamente (Pizzinato, 2021). Oggigiorno, in un contesto lavorativo sempre più mutevole e competitivo prendere decisioni basate sui dati reali, contestualizzati e chiari fa la differenza. Le imprese sono in grado di porre in essere azioni e modifiche necessarie per migliorare il futuro dell'impresa e allo stesso tempo stimolare la produttività dei lavoratori e il grado di soddisfazione degli stessi.

2.2.8 Information Technology come arma per il coordinamento interno

L'Information Technology è uno strumento utilizzato per supportare un maggiore coordinamento interno e una maggiore flessibilità. I tre principali strumenti di cui si avvale sono: Intranet, i sistemi di Enterprise Resource Planning (ERP) e i sistemi di Knowledge Management.

→ Intranet

Ogni organizzazione aziendale funzionante è caratterizzata da un buon livello di comunicazione tra i vari dipartimenti aziendali. Agevolare la condivisione di informazioni e conoscenze tra i dipendenti non sempre è un'impresa facile. Intranet è una

forma molto comune di condivisione di informazioni all'interno delle imprese. Parliamo di un sistema informativo privato, di proprietà dell'azienda, che utilizza protocolli di comunicazione e standard propri di internet e del World Wide Web, ma, è accessibile esclusivamente a collaboratori e dipendenti che vi operano all'interno. Rappresenta una vera e propria porta d'ingresso grazie alla quale il lavoratore accede alla sezione di lavoro digitale nella quale può visualizzare e accedere a file e informazioni utili al proprio lavoro. In questo modo i dipendenti e le unità organizzative sono costantemente in contatto e sempre aggiornati su ciò che accade all'interno dell'organizzazione. Intranet permette di velocizzare e migliorare la qualità della comunicazione interna, dando accesso a tutte le informazioni necessarie, condividere idee e lavorare congiuntamente allo stesso progetto e aumentare il grado di partecipazione del personale. Si promuove così una cultura aziendale inclusiva fondata sulla collaborazione, l'integrazione, il consolidamento delle relazioni umane con conseguente aumento dell'interesse, partecipazione e un senso di appartenenza alla realtà organizzativa (La Polla, 2019). Come sappiamo, dipendenti coinvolti sono più felici, produttivi e meno incentivati ad abbandonare l'azienda. Tra i principali vantaggi sicuramente un aspetto rilevante è la notevole riduzione di tempo. Basti pensare al tempo richiesto per inoltrare singolarmente una mail a ciascun dipendente. Grazie alla piattaforma Intranet, qualsiasi comunicazione, messaggio o avviso può essere pubblicato nella homepage, risultando visibili a tutto il personale, oppure, inviato in tempo reale al singolo o a specifici gruppi di lavoratori. Oltre al ruolo classico di intranet, nonché strumento di ricerca di materiale di lavoro, può essere utilizzato per realizzare sondaggi o aprire form nella piattaforma per ottenere feedback e pareri su possibili dinamiche aziendali o ancora, per inserire una sezione di job posting per individuare possibili candidati all'interno dell'organizzazione prima ancora di rivolgersi all'esterno. Ad oggi, in un panorama lavorativo in cui lo smart working ha rivoluzionato il modo di fare impresa, sempre più organizzazioni aziendali hanno adottato questa tecnologia, proprio perché rappresenta uno strumento attraverso il quale è possibile restare al passo coi tempi e conseguire i vantaggi che la digitalizzazione e la trasformazione digitale comportano. Una rete intranet permette alle imprese di lavorare meglio, di rafforzare la capacità di controllo dell'intera organizzazione e accrescere notevolmente la flessibilità dei processi aziendali e soprattutto generare un complessivo aumento della produttività aziendale.

→ *Enterprise Resource Planning*

Con l'acronimo di Enterprise Resource Planning, letteralmente pianificazione delle risorse di impresa, ci riferiamo ai sistemi utilizzati per collegare e gestire tutti i principali processi dell'organizzazione aziendale. Si tratta di sistemi che raccolgono, elaborano e forniscono informazioni riguardanti ogni aspetto dell'impresa: le risorse umane, la produzione, il magazzino, la gestione dei prodotti, gli acquisti e via dicendo. L'integrazione di tutte le funzioni aziendali in un unico sistema agevola e supporta il management nell'attività di decision making e nelle strategie aziendali, grazie all'individuazione dei processi che creano valore per l'impresa e quelli da potenziare, ridurre o eliminare. Un sistema ERP prevede la centralizzazione dei dati di ciascun reparto aziendale in un database condiviso che si aggiorna in tempo reale, rendendo i dati disponibili ed elaborabili (Ferrini, 2017). Ciò permette di avere una banca dati aggiornata e completa che fornisce una panoramica globale di tutti i movimenti aziendali, eliminando del tutto il ricorso alla gestione cartacea. Il risultato è un accrescimento dell'efficienza aziendale, un processo decisionale più snello e velocizzato e una maggiore competitività. Il management aziendale, infatti, grazie all'ingente mole di informazioni centralizzate riesce a controllare real – time l'andamento dei processi aziendali e prendere prontamente decisioni strategiche basate su dati concreti. La possibilità di monitorare le attività aziendali agevola l'identificazione di possibili sprechi, inefficienze produttive o errori che permettono ai manager di intervenire preventivamente migliorando l'efficienza e l'efficacia dei processi produttivi. Infine, i sistemi ERP permettono alle imprese di risultare flessibili, riuscendosi ad adattare ad un ambiente mutevole e restare sempre al passo con le nuove esigenze di mercato. In conclusione, l'Enterprise Resource Planning rappresenta un mezzo che, se impiegato correttamente, permette di realizzare una gestione e un coordinamento imprenditoriale perfetto e agevola il corretto sviluppo del business.

→ *Knowledge Management*

Il Knowledge Management è un nuovo modo di pensare all'organizzazione aziendale e alla condivisione delle risorse intellettuali e creative all'interno dell'impresa (Daft, 2017). Ci riferiamo allo sforzo sistematico nel ricercare, organizzare, mantenere e rendere disponibile il capitale intellettuale di un'impresa alimentando una cultura di apprendimento continuo e condivisione delle conoscenze. La valorizzazione del sapere in un mondo sempre più competitivo, globalizzato e in continuo cambiamento

rappresenta un'opportunità di crescita e fonte intangibile di valore in grado di generare un vantaggio competitivo. Ma che cos'è la conoscenza? Prima di tutto occorre fare una distinzione. I dati sono fatti e numeri semplici e assoluti, che unitamente considerati hanno scarsa utilità. L'elaborazione di informazioni deriva dal collegamento di dati con altri dati. La conoscenza invece, consiste nella conclusione derivante dal collegamento di informazioni con altre informazioni e dal confronto di conoscenze già acquisite. Possiamo distinguere la conoscenza in due categorie:

- Esplicita: conoscenza formale e sistematica, codificata o messa in forma scritta e facilmente trasferibile agli altri attraverso documenti.
- Implicita: conoscenza difficile da tradurre in parole, basata sulle esperienze, su giudizi e regole approssimative. Racchiude tutte le competenze, conoscenze e soluzioni creative.

Il principale obiettivo del Knowledge Management è costruire una cultura di apprendimento continuo e favorire la diffusione del sapere: rendere accessibili informazioni e conoscenze alla persona giusta e al momento giusto, permette di migliorare l'efficacia e l'efficienza lavorativa, stimolando la collaborazione e l'innovazione. Il tesoro di ogni azienda sono le risorse umane. Non a caso i lavoratori stessi sono detentori di conoscenze, informazioni, esperienze la cui condivisione e trasferimento è obiettivo del KM. Tutto ciò è reso possibile dall'Information Technology, principale strumento di supporto, oggi divenuto sempre più importante per le organizzazioni che si articolano in sedi geograficamente distanti l'una dall'altra (ad esempio, a causa della crescente tendenza all'outsourcing). Se i dipendenti riescono ad accedere e condividere facilmente le loro competenze, ne consegue un aumento della produttività aziendale e dell'efficienza, sia in termini di costi che di tempo impiegato dai lavoratori per apprendere e memorizzare informazioni e processi (Nobili, 2017). La creazione di un buon Knowledge Management e la condivisione del sapere crea una realtà aziendale improntata sulla collaborazione, creatività, lavoro di squadra e sostegno reciproco tra dipendenti che diventano capaci di prendere decisioni più rapidamente senza dover richiedere il costante supporto a manager o a colleghi più esperti.

2.2.9 Information Technology come arma per rafforzare le relazioni esterne

L'Information Technology è inoltre uno strumento utilizzabile per gestire e rafforzare le relazioni esterne, nonché con i clienti, fornitori e partner. I principali strumenti di cui si avvale sono Extranet e i network di Electronic Data Interchange.

→ Electronic Data Interchange ed Extranet

Con l'acronimo Electronic Data Interchange (EDI) ci riferiamo ad un tipo di collegamento organizzativo che mette in contatto partner commerciali agevolando la trasmissione e condivisione di informazioni e dati tra aziende. Questa tecnologia ebbe inizialmente larga diffusione nel mondo delle *automotive*, settore nel quale le imprese necessitavano di scambiare un ingente mole di dati nella propria Supply Chain. Oggigiorno la diffusione di sistemi EDI è sempre più presente nella maggior parte dei settori aziendali, grazie ai rilevanti benefici che ne derivano in termini di riduzione di costi di gestione, tempi impiegati per lo scambio di documenti e la minimizzazione degli errori umani. La semplificazione delle relazioni di business, si realizza attraverso la possibilità di scambiare direttamente documenti e file in formato elettronico e non più cartaceo tra i sistemi informativi delle imprese interessate in un determinato rapporto commerciale, senza l'esigenza dell'intervento umano.

L'EDI è un sistema di interscambio dati che permette a partner commerciali come clienti, fornitori, distributori e operatori logistici di scambiarsi in meno tempo e con maggiore precisione documenti elettronici attraverso sistemi informativi che comunicano tra loro con un linguaggio comune. Le organizzazioni aziendali possono risparmiare molto utilizzando questa moderna tecnologia sollevando le risorse umane dallo svolgimento di mansioni a basso valore aggiunto e altamente ripetitive. Inoltre, l'eliminazione della documentazione in formato cartaceo permette di ridurre costi e tempi impiegati, automatizzando processi che prima venivano svolti manualmente (Cama, 2020). Questa tecnologia è ormai accessibile a tutte le organizzazioni aziendali, piccole o grandi che siano, permettendo di conseguire concretamente i vantaggi sopraindicati.

Con il termine Extranet, ci riferiamo a una rete privata che utilizza protocolli internet per connettere tra loro un gruppo di persone predefinite esterne ed interne all'organizzazione aziendale. Parliamo di una tecnologia impiegata per condividere dati, informazioni e risorse tra utenti selezionati (ad esempio clienti, fornitori o partner). Extranet è una rete non accessibile pubblicamente ma soltanto agli utenti espressamente autorizzati che

dispongono delle credenziali necessarie per potervi entrare. Infatti, ogni organizzazione rende disponibili dei dati al di fuori della propria Intranet e li trasferisce alle sole aziende con cui condivide l'Extranet. Questa tecnologia è uno spazio di lavoro mediante il quale i dipendenti interni si interfacciano e dialogano con soggetti esterni all'organizzazione aziendale. La piattaforma agevola l'interscambio di una gran numero di informazioni e dati rilevanti tra partner commerciali incentivando la cooperazione e partecipazione reciproca. Come sappiamo nelle relazioni *Business to Business* (B2B) è fondamentale il grado di soddisfazione dei clienti e partner commerciali. Questo software permette di consolidare e agevolare le relazioni con i clienti, consentendo di raggiungere una perfetta sincronia. Infatti, gli utenti con i quali si relaziona l'impresa, possono porre domande, proporre idee, approvare progetti e condividere informazioni. Vengono abbattute così tutte le barriere di tempo e di luogo (Marchi, 2019). In passato Intranet ed Extranet venivano considerate due tecnologie così diverse e separate. Ad oggi, Extranet si può considerare come parte integrante del software Intranet, e a differenza del passato, non è più richiesto l'utilizzo di specifici programmi (ai quali erano comunemente associati costi aggiuntivi), per farli interagire. Questo progresso nel settore industriale agevola ancor più l'interazione e la collaborazione tra lavoratori interni e stakeholder esterni all'organizzazione. In poche parole dove i confini di Intranet finiscono, inizia la rete Extranet e, se queste piattaforme vengono integrate correttamente l'impresa è in grado di gestire e risolvere prontamente problematiche di natura interna o esterna all'organizzazione.

CAPITOLO 3: COME CAMBIANO LE IMPRESE E IL LAVORO NEL MONDO 4.0

3.3.1 Produzione snella

Il termine “produzione snella” fu utilizzato per la prima volta nel 1988 da Jhon Krafcik, ex ingegnere di Toyota, in un suo articolo nel quale scrisse “*Triumph of the lean production system*” basato sulla sua tesi di laurea al MIT Sloan School of Management. L'espressione fu riutilizzata successivamente, nel 1992 da James Womack e Daniel Jones, due studiosi del MIT di Boston nel libro “*La macchina che ha cambiato il mondo*” nel quale, i due ricercatori hanno analizzato dettagliatamente le caratteristiche dei sistemi produttivi delle principali case automobilistiche a livello mondiale, per poi confrontarle

con l'azienda giapponese Toyota, e comprendere le motivazioni e i punti chiave alla base delle prestazioni superiori della stessa rispetto a tutti i competitors del mondo automotive. L'esponentiale crescita della Toyota che, da piccola azienda si è evoluta nel più grande produttore automobilistico al livello mondiale, primato che detiene ancora oggi, ha posto degli interrogativi sul perché di questa evoluzione. Dal grafico rappresentato in figura (5) è visibile il confronto tra *Key Performance Indicators* (KPI) dell'azienda statunitense produttrice di autoveicoli General Motors e Toyota. È evidente come l'approccio *Toyota Production System* rappresenti un'evidente fonte di vantaggio competitivo.

Figura 5 – Confronto tra KPI General Motors e Toyota

KPI	General Motors	Toyota
Ore di assemblaggio per Auto	31	16
Difetti ogni 100 auto prodotte	130	45
Assenteismo tra gli operatori	15%	0%

Womack, Jones, 1990, Confronto tra KPI produttivi GM e Toyota nel 1990

La Lean production rappresenta un'evoluzione della produzione di massa. Facendo un salto nel passato, agli inizi del Novecento, grazie al contributo di Henry Ford, cominciò a diffondersi all'interno delle imprese un modello di produzione di massa, altamente standardizzato e basato sulla catena di montaggio. Il modello Ford fu da ispirazione per l'azienda giapponese Toyota, che, sotto la guida dell'ingegnere capo Taichii Ohono sviluppò un approccio produttivo definito "snello" perché ha permesso di impiegare meno di tutto (meno sforzo delle risorse umane, strutture, tempo e scorte, capitali da destinare ad investimenti) nello sviluppo del prodotto, nella produzione, nella fornitura e commercializzazione. L'acronimo "produzione snella" non fa riferimento a un semplice modello di management ma una vera e propria filosofia di pensiero, un nuovo modo di ripensare l'organizzazione aziendale e le modalità di gestione della stessa (Busato, 2021).

Alla base del metodo Lean c'è il principio di “zero spreco”: tutti i processi aziendali vengono “alleggeriti” eliminando ogni forma di spreco e cercando di accrescere il valore percepito dal cliente, in altre parole fare sempre di più impiegando meno. Ciò è possibile soltanto se si compiono piccoli passi in un'unica direzione motivati da un miglioramento continuo e dalla creazione di valore aggiunto. Possiamo individuare cinque principi guida, nonché valori di riferimento per l'applicazione del modello (Busato, 2021):

- Valore percepito dal cliente: il punto di partenza è definire il valore di un prodotto o servizio nell'ottica del consumatore finale. Il valore corrisponde all'insieme delle motivazioni che portano il cliente ad essere disposto a pagare il prezzo del prodotto di un'impresa piuttosto che quello di un'altra. Tutte le attività non a valore per il cliente sono da considerarsi sprechi e pertanto devono essere eliminati.
- Identificare il flusso di valore: l'eliminazione di ogni forma di spreco richiede la “mappatura” del flusso di valore di un determinato prodotto, nonché la definizione delle attività in cui si articola il processo operativo, differenziando quelle a valore aggiunto e quelle non a valore.
- Fare scorrere il flusso: dopo aver definito ciò che vale per il cliente, avere individuato ed eliminato tutti gli sprechi, è necessario che tutte le attività a valore creino un flusso che deve scorrere in modo continuo, con conseguente riduzione dei tempi ed energie impiegate, favorendo il miglioramento dell'efficienza qualitativa e quantitativa dell'organizzazione.
- Fare in modo che il flusso sia trainato (Pull): la produzione è trainata dal cliente e non dal fornitore. In altre parole, significa progettare e realizzare solo quello che vuole il cliente, nel momento che vuole e nella quantità desiderata.
- Ricerca la perfezione: la ricerca della perfezione deve essere interpretata come l'applicazione dei principi Lean per raggiungere un miglioramento continuo ed eliminare ogni forma di spreco.

La produzione snella ha rivoluzionato il modo di operare e la cultura all'interno delle organizzazioni aziendali. Il focus di questa filosofia aziendale è la centralità del cliente che non deve considerarsi unicamente come destinatario del prodotto/servizio finale ma, come punto di partenza e di arrivo di tutte le azioni e attività poste in essere dall'organizzazione al fine di corrispondergli il valore atteso. Soltanto attraverso un dialogo continuo con il cliente è possibile indentificare i bisogni e creare valore.

L'approccio Lean è più orientato alle persone piuttosto che alla tecnologia. In questo nuovo scenario, "saper fare azienda" e cioè saper far bene le cose richiede il coinvolgimento e la collaborazione di tutte le persone interne all'organizzazione motivate dal raggiungimento di un fine comune e da una cultura aziendale promotrice di caratteristiche quali il desiderio di perseguire risultati sempre migliori, l'iniziativa, la volontà. Soltanto in questo modo è possibile crescere e migliorare l'efficacia e l'efficienza aziendale (Canuto, 2018).

→ **Kaizen e il miglioramento continuo**

La traduzione più popolare del termine Kaizen è "*cambia in meglio*". Non a caso, la parola Kaizen deriva dall'unione di due termini giapponesi: *Kai* che significa cambiamento e *Zen* che significa migliore. Parliamo di una filosofia, un modus operandi che affonda le proprie radici in Giappone e costituisce uno dei principali pilastri della produzione snella. Fu proprio all'interno dell'azienda giapponese Toyota che questa filosofia ebbe la massima applicazione portandola ad essere impresa leader mondiale nello scenario automotive. Il concetto Kaizen è una vera e propria filosofia aziendale che punta al miglioramento continuo realizzabile attraverso il coinvolgimento dell'intera struttura aziendale e il perseguimento di piccoli ma continui miglioramenti, giorno dopo giorno. Le risorse umane sono il focus di questo miglioramento e devono essere coinvolte ed invogliate a non smettere mai di crescere e migliorare. Parliamo di una mentalità in cui si impara tutto da tutti e si ricevono stimoli dagli altri, l'approccio di risoluzione dei problemi è quello del problem solving e cioè, non ci si abbatte di fronte a possibili ostacoli o sconfitte ma si devono cogliere opportunità di crescita e miglioramento dagli errori. In questo modo i dipendenti iniziano a svolgere il proprio lavoro in un'ottica diversa, con maggior coinvolgimento ed entusiasmo, non ci sono più pregiudizi, condizionamenti, malumori o accuse. Il lavoro di squadra rafforzato, la crescente sinergia tra i dipendenti, la condivisione dei valori e un maggiore senso di appartenenza all'impresa non può fare altro che aumentare la produttività e la performance aziendale (Capuzzolo, 2021). Tutti i dipendenti sanno che l'organizzazione si aspetta il loro contributo tramite dei cambiamenti nelle loro vite lavorative. La filosofia di base è che migliorando le cose poco alla volta, ma in maniera continuativa, aumentano significativamente le probabilità di successo. Le imprese non dovranno più investire grandi quantità di capitali in progetti che prevedono grossi cambiamenti e miglioramenti improvvisi. L'innovazione e il cambiamento non si configurano più come un processo rapido, ma, al contrario parliamo

di un lungo processo realizzato sulla base di un utilizzo efficiente delle risorse e l'eliminazione di ogni forma di spreco (Lavina, Steffan, 2015). Considerare questo approccio come un semplice miglioramento continuo sarebbe riduttivo, parliamo di un nuovo modo di operare all'interno dell'organizzazione che richiede il coinvolgimento di tutti i dipendenti, un radicale cambiamento dei rapporti relazionali tra manager e lavoratore, nella disciplina e nella mentalità. Una cultura Kaizen richiede lo sviluppo di una mentalità autocritica, e cioè capace di riflettere su quanto realizzato e sugli errori commessi per poi cercare sempre di migliorarsi, attraverso la realizzazione di piccole azioni quotidiane da parte di tutti i membri all'interno dell'impresa. In questo modo l'impresa è destinata a crescere e aumentare la competitività del business, la produttività e l'efficienza dei processi.

Figura 6 – Filosofia Kaizen: miglioramento continuo



Ghisolfi, 2019,

3.3.2 Nuovi approcci al mondo del lavoro: il caso dello Smart Working

Con il termine Smart Working, letteralmente lavoro agile, ci riferiamo a un approccio lavorativo che si sta consolidando sempre più nelle organizzazioni aziendali e sta progressivamente sostituendo le tradizionali modalità di lavoro da tutti conosciute. L'Osservatorio del Politecnico di Milano lo definisce come: *“una nuova filosofia manageriale fondata sulla restituzione alle persone di flessibilità e autonomia nella scelta degli spazi, degli orari e degli strumenti da utilizzare a fronte di una maggiore responsabilizzazione sui risultati”*. Parliamo di un nuovo modo di vedere l'azienda, una

nuova modalità di organizzazione del lavoro e ridefinizione del rapporto tra lavoratore e impresa (Capoferro, 2021). Il lavoratore dispone di un maggior grado di libertà e autonomia nello scegliere il luogo di lavoro che preferisce, l'orario, gli strumenti da utilizzare mantenendo comunque un elevato livello di concentrazione sugli obiettivi aziendali. Lo Smart Working o lavoro agile, si basa su quattro principi fondamentali (Crespi, 2019):

- Il primo aspetto è relativo alla ridefinizione della cultura aziendale: è necessario creare un ambiente lavorativo che promuova la disponibilità al cambiamento, un contesto di fiducia che stimoli l'entusiasmo e il coinvolgimento dei lavoratori, si promuove il lavoro in team e la bravura di un dipendente non è più associata al numero di ore lavorative ma agli obiettivi perseguiti. Parliamo di una cultura aziendale che si basa sulla fiducia, sulla collaborazione, sulla condivisione dei valori aziendali per concedere ai dipendenti la flessibilità e l'autonomia di cui necessitano, mantenendo elevati livelli di performance aziendali.
- Il secondo principio è l'elevata flessibilità degli orari e del luogo di lavoro. Come detto in precedenza, il luogo di lavoro non è più l'ufficio ma diventa possibile lavorare da casa, in un altro paese, da amici o in qualsiasi altro posto. In questo modo si risparmiano ore e ore destinate a spostamenti e il lavoratore riesce ad equilibrare con più facilità vita privata e lavoro.
- Terzo pilastro di questa moderna modalità di lavorare è la dotazione tecnologica (tecnologie informatiche, il cloud, device portatili), divenuta ormai una condizione senza la quale non sarebbe possibile lavorare a distanza. La Digital Transformation ricopre un ruolo chiave perché permette di collegare persone, oggetti, spazi a progetti di business aziendali stimolando l'innovazione e il coinvolgimento dei dipendenti.
- Il layout fisico degli spazi di lavoro e cioè la configurazione degli spazi deve evolversi per sostenere le esigenze eterogenee del personale quando si reca in ufficio. Oggi si parla di spazi di lavoro liberi che vengono riorganizzati per sfruttare al meglio il potenziale che il luogo di lavoro ha nell'influenzare i comportamenti, le attitudini, le emozioni dei dipendenti e per supportare l'evoluzione degli stessi in smart workers. Ne sono un esempio la co – creazione, spazi per la collaborazione o ancora scrivanie condivise.

Come sappiamo lo Smart Working è un approccio “intelligente” al mondo del lavoro che permette ai dipendenti di lavorare in maniera flessibile e autonoma, potendo decidere dove e quando svolgere le proprie mansioni, accrescendo la produttività e l’efficienza aziendale (Pacifico, 2018). Sebbene per alcuni lavoratori la possibilità di gestire il proprio tempo in base a impegni e necessità rappresenti un modo per conciliare al meglio vita privata e lavoro, per altri, al contrario, questa nuova filosofia manageriale ha annullato i confini tra le due dimensioni, rendendo difficile il bilanciamento tra sfera professionale e quella personale. Per il lavoratore, più in particolare per le donne, spesso è difficile far comprendere ai propri familiari, specialmente ai bambini che un determinato momento della giornata è dedicato al lavoro piuttosto che alla cura della famiglia e la casa. Questo deriva dal fatto che solitamente la presenza di una persona in casa è associata a più tempo dedicato ai propri cari. Inoltre, in caso di assenza di uno spazio di lavoro idoneo all’interno delle proprie abitazioni si potrebbe essere costretti a condividere la propria postazione con i familiari. Rispondere a email e chiamate di lavoro durante il proprio tempo libero diventa sempre più ricorrente quando non dovrebbe esserlo. Tutto ciò genera un maggior livello di stress e un minor entusiasmo dei dipendenti che si traduce con una minore produttività. Diventa quindi importante per le organizzazioni porre in essere azioni e inserire benefit nel welfare aziendale per far coesistere nel migliore dei modi lo Smart Working e la Work Life Balance, nonché l’equilibrio ideale tra impegni personali e professionali dei dipendenti (ne sono un esempio i programmi di sostegno alle famiglie o la promozione di attività per il tempo libero). L’attenzione al benessere lavorativo diventa una leva per massimizzare i risultati perseguibili e accrescere la produttività e la partecipazione del personale. Il grado di fidelizzazione dei dipendenti cresce notevolmente e le imprese riescono a trattenere più facilmente i loro talenti, mantenendo elevati i livelli di competitività (Malara, 2018). Il binomio lavoro agile e Work Life Balance è vincente perché da un lato le imprese beneficiano di un notevole snellimento della struttura dei costi relativi agli spazi fisici e una forte riduzione dell’assenteismo, dall’altro la diffusione di programmi di welfare aziendali genera un ambiente di lavoro positivo, i dipendenti sono meno stressati, più soddisfatti e decisamente più entusiasti nel perseguire gli obiettivi aziendali (Panico, 2020).

3.3.3 Principali effetti sul lavoro della Quarta Rivoluzione Industriale

Con l'avvento della Quarta Rivoluzione Industriale e tutti i cambiamenti di cui è stata portatrice, in uno scenario in cui il progresso tecnologico fa passi da gigante, in cui si sta diffondendo un approccio lavorativo sempre più digitalizzato e “smart”, l'introduzione di tecnologie abilitanti come la robotica collaborativa o l'intelligenza artificiale fanno sorgere un dibattito di estrema centralità: l'esponenziale avanzata della tecnologia all'interno delle organizzazioni aziendali che effetti genererà sul mercato del lavoro? Le macchine sostituiranno progressivamente il lavoro umano oppure sarà possibile trovare il giusto bilanciamento tra competenze umane e nuova generazione di macchinari?

L'avvento di internet, le tecnologie abilitanti di industria 4.0 e i sistemi tecnologici di comunicazione e controllo hanno ridisegnato completamente i processi produttivi e di organizzazione del lavoro che, inizialmente esistevano unicamente in una dimensione reale mentre oggi si sono progressivamente spostati verso quella virtuale. Secondo uno studio realizzato dalla società internazionale di consulenza McKinsey Global Institute (MGI) la crescente diffusione delle “tecnologie di industria 4.0” all'interno delle organizzazioni aziendali avrà un notevole impatto sotto il profilo occupazionale nella maggior parte dei settori al livello globale. La ricerca fu realizzata su un campione di 46 paesi che rappresentano complessivamente l'80% della forza lavoro mondiale, ed è emerso che circa la metà (più precisamente il 49%) delle professioni, a causa del progresso tecnologico potrebbero essere automatizzate e quindi sostituite da robot (Zuffi, 2017). È bene sottolineare che ci sono settori più esposti alla sostituzione meccanica rispetto ad altri. Per esempio, nelle aziende di costruzioni o quelle manifatturiere il lavoratore tipicamente svolge mansioni altamente ripetitive, manuali e semplici, senza che gli vengano richieste specifiche conoscenze o abilità cognitive, ma principalmente forza e resistenza fisica. Proprio per questo più facilmente sostituibili dal macchinario. In sostanza, il progresso tecnologico e la rapida diffusione delle tecnologie hanno generato un processo di distruzione di posti di lavoro e una contemporanea creazione di nuove professioni. Quanto detto viene confermato dai dati emersi dallo studio *Future of jobs 2020* del World Economic Forum in cui si prospetta che entro il 2025 oltre 85 milioni di lavori rischiano di sparire per effetto dell'automazione ma, al tempo stesso l'innovazione, la robotica e l'avvento di algoritmi genereranno la creazione di 97 milioni di posti di lavoro (Licata, 2021).

È possibile quantificare l’impatto della rivoluzione tecnologica sul mercato del lavoro e sull’occupazione, definendo tre macro – livelli intorno ai quali si sviluppano gli effetti della tecnologia (Reggiani, 2019):

- Al primo livello ci sono tutte quelle professioni già esistenti nel mercato del lavoro che per via della digitalizzazione sono cambiate nei “contenuti” divenendo via via più complesse e alle quali sono state associate maggiori competenze trasversali e conoscenze più specifiche. Operare in un mondo lavorativo in continua evoluzione richiede ai lavoratori di saper cambiare e non smettere mai di imparare. I lavoratori devono sviluppare competenze come la capacità di problem solving, il pensiero critico e soft skills più sofisticate in linea con le nuove esigenze emerse nel mondo del lavoro.
- Al secondo livello ci sono i nuovi posti di lavoro generati dalla Digital Transformation. Sono emerse figure professionali completamente nuove che ruotano attorno al digitale.

Potrebbero essere citati un’infinità di esempi: uno di questi è il *Social Media Manager* e cioè colui che si dedica alla cura di differenti progetti aziendali sui social network oppure il *Data Scientist* che si occupa della gestione dell’ingente mole di dati grezzi strutturati e non dai quali estrapolare informazioni di valore utili per l’operatività e il successo aziendale o ancora il *Lean Specialist*, figura che si occupa del miglioramento continuo e la risoluzione dei problemi incentivando la collaborazione e il lavoro in team.

È bene sottolineare che l’emergere di nuove tecnologie e nuovi scenari sociali, economici e culturali potrebbero far sì che figure professionali molto richieste al giorno d’oggi non lo siano più in un futuro prossimo. Per questo è fondamentale per le organizzazioni aziendali seguire e anticipare il cambiamento.

- Il terzo e ultimo livello come detto in precedenza è associato alla perdita di posti di lavoro. Con il termine “disoccupazione tecnologica” ci riferiamo al processo di distruzione di lavoro per effetto della digitalizzazione, più in particolare a causa dell’elevata automazione dei processi aziendali per cui la manodopera umana non è più richiesta come in passato e pertanto viene ampiamente ridotta. L’automazione non è certamente la sola causa della disoccupazione tecnologica ma lo è anche il gap tra competenze possedute dal lavoratore e quelle richieste

dalle imprese per fronteggiare al meglio le sfide che la trasformazione digitale ha generato (Lyu Ke, 2020).

La tecnologia e il progresso come ben sappiamo hanno impattato fortemente sul mercato del lavoro, che diventa sempre più digitalizzato. Molti mestieri sono scomparsi a vantaggio di tutte quelle professioni impossibili da automatizzare. Il fenomeno dell'innovazione come fonte di disoccupazione non è un nuovo argomento. Ne parlò J. M. Keynes utilizzando il termine “disoccupazione tecnologica” per descrivere una fase temporanea di adattamento indispensabile per aprire la strada al progresso. Sebbene sia vero che l'automazione possa generare macchinari, robot, software in grado di sostituirsi alle persone (per esempio l'impiegato allo sportello bancario che viene rimpiazzato da un macchinario utensile) non è detto che questi cambiamenti generino un complessivo aumento del tasso di disoccupazione. Questo perché l'effetto sostituzione è contrastato anche dalla nascita di nuove figure professionali che accompagnano l'innovazione (Tortuga, 2018). Occorre fare sempre fare un bilanciamento tra i due effetti e capire quale tra i due prevale. Nel report “*The future of job*” sopraindicato si evince che l'effetto prevalente è quello per cui la creazione di posti di lavoro supera la perdita. Quindi complessivamente l'avanzamento tecnologico ha generato più benefici che svantaggi sotto il profilo occupazionale. Il vero problema è che ci sono vincitori e vinti proprio perché nella maggior parte dei casi chi perde il proprio lavoro non ha le competenze richieste per beneficiare della creazione di professioni complementari all'innovazione. Nello scenario appena descritto il grado di formazione del lavoratore gioca un ruolo fondamentale. I lavoratori altamente qualificati hanno beneficiato di un sostanziale aumento delle domande del proprio lavoro a discapito di quelli non qualificati. Tutto ciò si traduce in una maggiore valorizzazione dei dipendenti con più elevata formazione e più propensi alla conoscenza e all'apprendimento. Saranno proprio questi i lavoratori delle aziende del futuro perché sono in grado di adattarsi alla mutevolezza del mercato in continua evoluzione.

3.3.4 Approfondimento: caso impresa italiana Rold

→ ***ROLD: l'unica piccola impresa italiana tra le sedici fabbriche campioni del mondo di Industria 4.0.***

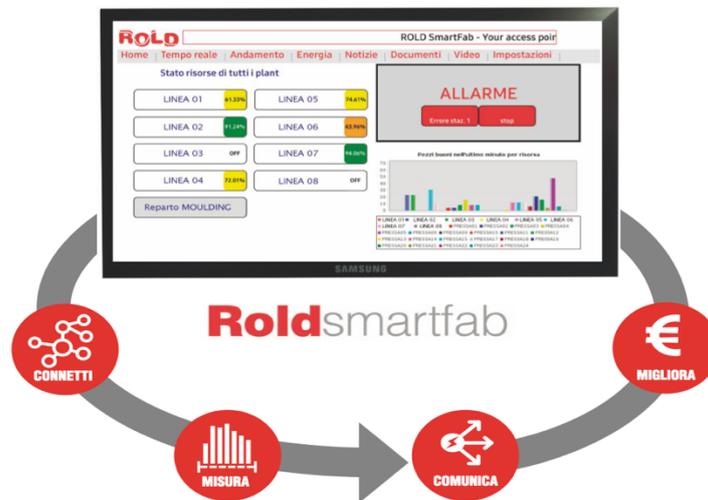
Rold è una piccola impresa 100% italiana con quasi sessant'anni di esperienza nel settore della manifattura specializzata nella produzione di componenti per elettrodomestici. Secondo il report "*Fourth Industrial Revolution: Beacons of Technology and Innovation in Manufacturing*" pubblicato dal World Economic Forum insieme alla società di consulenza McKinsey nel 2019, Rold è l'unica piccola – media impresa interamente italiana che con soli 43 milioni di fatturato e 250 dipendenti rientra nelle 16 fabbriche campioni del mondo di Industria 4.0 concorrendo con grandi colossi come Johnson & Johnson, BMW, Schneider Electric (Lazzarin, 2019). Parliamo di una tipica impresa a conduzione familiare che a partire dal 2012 ha intrapreso un processo di trasformazione digitale realizzato grazie allo sviluppo di *Rold smartfab*, una sorta di "cruscotto digitale", una piattaforma innovativa che permette di monitorare l'andamento della produzione, il rendimento dei macchinari e la qualità dei lotti grazie alla raccolta, analisi e gestione di dati e informazioni rese disponibili in real – time su device mobili e fissi, smartphone, smartwatch e wearable (Cerginale, 2018). L'idea innovativa nasce dalla collaborazione dei team di ricerca e sviluppo di Rold con Samsung mettendo reciprocamente a disposizione competenze, tecnologie, know how con l'obiettivo di diventare a tutti gli effetti un'impresa 4.0. Rold SmartFab è una piattaforma "ready to use" che permette di connettere uomo, macchinari e informazioni. Diventa possibile avere la fabbrica sempre a "portata di mano" proprio perché i dati grezzi relativi alla produzione contenuti all'interno della piattaforma e successivamente trasferiti su Cloud, vengono trasformati in informazioni di valore per il manager che prende decisioni migliori impiegando meno tempo e denaro.

La presidente di Rold Laura Rocchitelli ha affermato che "*la decisione di introdurre un sistema di produzione digitale derivava dall'esigenza di essere più efficienti nella performance di produzione*". Parliamo comunque di un cambiamento radicale realizzabile grazie al supporto dalla tecnologia ma al contempo richiede lo sviluppo di una cultura inclusiva del personale. La realizzazione del progetto e l'evoluzione industriale di cui è stata protagonista Rold ha richiesto il coinvolgimento e la partecipazione attiva del personale a tutti i livelli affinché i lavoratori rispondessero con entusiasmo al cambiamento consapevoli del fatto che l'automazione non avrebbe

comportato la perdita di posti di lavoro ma al contrario li avrebbe riqualificati (Zonin, 2019). Si promuove l'“upskilling” e cioè l'accrescimento delle competenze e la riqualificazione per chi già opera nel mondo del lavoro, affinché tutti i dipendenti maturino un livello di competenze in linea con quelle richieste dal digitale. Un'organizzazione è costituita prima di tutto da persone e dalle loro idee e proprio per questo è fondamentale creare un rapporto di fiducia tra impresa e dipendenti in particolare in momenti in cui ci si trova a fronteggiare cambiamenti come nel caso Rold. Il coinvolgimento del personale, accrescere la loro partecipazione, promuovere la formazione interna sono attività senza le quali non sarebbe possibile trasformare il cambiamento in opportunità di miglioramento e sviluppo (Astone, Merolle, 2020). I primi risultati associati all'utilizzo della piattaforma sono la possibilità di monitorare in maniera istantanea le prestazioni dello stabilimento e gestire informazioni che permettono di visualizzare costantemente i ritmi di produzione, potendo così identificare le macchine performanti e quelle che presentano malfunzionamenti o possibili guasti e quindi richiedono azioni correttive. In questo modo, la manutenzione ormai predittiva permette di ridurre i costi di manutenzione e i tempi di intervento di circa il 30% rispetto al passato (Cerginale, 2018). Le sedici fabbriche selezionate come “*lighthouse manufacturers*” devono fungere da faro, sono cioè dei modelli di produzione di riferimento capaci di tracciare nuove opportunità e traiettorie nel mondo della manifattura e dell'innovazione industriale. Come sappiamo il contesto in cui viviamo è dominato dalla diffusione di nuovi strumenti digitali e tecnologie, spesso disruptive, e cioè causa di una trasformazione talvolta radicale dei processi. L'inserimento della piattaforma SmartFab in azienda genera un cambiamento di approccio ai processi perché connette e digitalizza macchinari, persone e informazioni in maniera veloce, semplice e conveniente.

Ciò che cambia è le modalità di supervisione dei processi che diventa proattiva e cioè permette di anticipare possibili criticità tramite il miglioramento e il monitoraggio continuo, potendo intervenire “just in time” e aumentare la qualità e il rendimento del macchinario.

Figura 7 – connessione tra mondo fisico e virtuale



Gruppo Rold, 2019, La connettività di Rold SmartFab

La Rold è riuscita a diventare un player digitale che opera in un contesto manifatturiero. Se inizialmente la maggior parte del fatturato era associato alla vendita di componenti di elettrodomestici, oggi si configura a tutti gli effetti come player digitale perché ha dimostrato nel migliore dei modi di saper integrare con successo tutte le moderne tecnologie associabili alla Quarta Rivoluzione Industriale rendendo i prodotti elettromeccanici fonte del 95% dei suoi profitti.

Il progetto Rold nasce con l'obiettivo di aumentare la propria flessibilità e cogliere le sfide dei mercati internazionali, individuando nell'innovazione la chiave per il successo. Ad oggi, l'obiettivo è stato ampiamente raggiunto. SmartFab ha permesso di connettere centinaia di macchinari agevolando la circolazione di informazioni all'interno dell'impresa, i dipendenti si sentono coinvolti ed entusiasti all'idea del cambiamento di cui sono parte integrante, permette di controllare a distanza l'organizzazione ed è altamente flessibile e cioè capace di offrire prodotti personalizzati sulla base delle specifiche esigenze dei clienti cui si rivolge.

CONCLUSIONI

In questo elaborato ho voluto approfondire il fenomeno della Quarta Rivoluzione Industriale che si concretizza nel paradigma di industria 4.0, altrimenti nota come Smart Factory. Dopo aver ripercorso le tappe che hanno preceduto l'era della trasformazione digitale, indentificando e approfondendo gli elementi chiave che le hanno caratterizzate, siamo in grado di comprendere a pieno come il progresso tecnologico, la Digital Transformation e l'innovazione rappresentino un'importantissima opportunità di sviluppo da non farsi scappare. Le "tecnologie abilitanti" di industria 4.0 non solo hanno modificato radicalmente lo scenario industriale nel quale operano le imprese creando un nuovo prototipo di industria "intelligente", digitale e interconnessa ma, sono diventati parte integrante della nostra vita quotidiana. Basti pensare all'utilizzo di smartwatch, smartphone oppure l'utilizzo di elettrodomestici capaci di attivarsi autonomamente o ancora impianti di riscaldamento e condizionatori capaci di imparare orari ed esigenze e scegliere la temperatura più idonea per ogni momento. Questi cambiamenti che stiamo vivendo, solo qualche anno fa erano considerati una meta troppo lontana da raggiungere, eppure, oggi vengono considerati normalità. Ci troviamo in un mondo in cui si può lavorare da casa, in cui diventa possibile avere la fabbrica sempre a "portata di mano", in cui i macchinari sono in grado di individuare il prodotto desiderato dal cliente e in cui la mole di dati che vengono scambiati superano il numero di informazioni raccolte fino alla fine del XX secolo. Sulla base dei cambiamenti generati dal progresso tecnologico, sorge spontaneo domandarsi quale ruolo avranno le "tecnologie abilitanti" nel nostro futuro e in particolare nel settore industriale. Rispondere a questa domanda è impossibile, perché non si è in grado di prevedere quale sarà il futuro sviluppo e le possibili modalità di impiego di questi dispositivi innovativi. Ad oggi però possiamo ripercorrere ciò che la digitalizzazione ha generato. Analizzando lo scenario industriale possiamo dire che ogni singolo aspetto della vita delle imprese è stato modificato: le strategie aziendali, i procedimenti operativi e le competenze richieste alla forza lavoro sono cambiate in linea con le nuove esigenze emerse con lo sviluppo del digitale. I vecchi modelli organizzativi e i paradigmi industriali sono divenuti ormai obsoleti, le imprese per restare al passo coi tempi, risultare competitive e mantenere elevati livelli di produttività devono abbracciare il cambiamento e attuare un processo di transizione verso industria 4.0. Sebbene i benefici e lati positivi siano numerosi, non mancano preoccupazioni al riguardo. Ci si è domandati più e più volte se l'automazione, la robotica e la nascita di algoritmi possano

rappresentare una minaccia per l'occupazione. Sorge spontaneo chiedersi se i macchinari finiranno per sostituire mansioni tradizionali svolte manualmente dal lavoratore. Tuttavia, come detto in precedenza seppur vero che l'automazione possa generare macchinari capaci di sostituirsi alle persone, l'innovazione crea nuovi posti di lavoro e nuove figure professionali. Pertanto è necessario fare sempre un bilanciamento tra i due effetti e capire quale dei due è prevalente. In un mondo sempre più digitalizzato, è ormai inevitabile che le tecnologie emergenti faranno sempre più parte delle nostre vite e del nostro futuro. Pertanto, le organizzazioni aziendali devono comprendere a pieno le potenzialità di questa rivoluzione e vivere il digitale come un'opportunità di sviluppo, uno strumento per migliorarsi e per soddisfare al meglio la clientela.

BIBLIOGRAFIA

PRIMO CAPITOLO

- L. Zanotti, *Industria 4.0: storia, significato ed evoluzioni tecnologiche a vantaggio del business*, NetworkDigital360, 2021
- M. L. Salvadori, *Rivoluzione industriale*, Enciclopedia Treccani, 2006
- M. T. Della Mura, *Il knowledge worker: chi è, cosa fa e quali strumenti utilizza il lavoratore dell'era data-driven*, NetworkDigital360, 2018
- A. D. Signorelli, *Storia di internet e del world wide web*, Wired, 2019
- K. Schwab, *La Quarta Rivoluzione Industriale*, p. 23, 2016
- D. Vascellaro, *La Quarta Rivoluzione Industriale*, Warrant Training, 2018
- G. Negri, *La Quarta Rivoluzione Industriale: sintesi di un cambiamento strutturale*, OggiScienza, 2017
- K. Schwab, *La Quarta Rivoluzione Industriale*, p. 54, 2016
- A Ghedin, *Cosa bisogna sapere sull'Industria 4.0*, JEst, 2020
- M. Argenti, *Industria 4.0*, IT solution S.r.l, 2019
- W. Sundblad, *The Four Levels of a Smart Factory Evolution*, Forbes, 2019
- F. Acerbi, S. Assiani, A. De Carolis, *Industria 4.0 e lavoro: le competenze necessarie in azienda e il metodo per valutarle*, NetworkDigital360, 2019
- P. Capoferro, *Competenze Digitali: cosa sono le digital skill e perché sono importanti per le aziende*, NetworkDigital360, 2021
- G. Marone, *L'impatto della digitalizzazione sull'organizzazione*, Archivia Group, 2020
- J.P. Kottler, *Accelerate: building strategic agility for a faster-moving world*, Boston: Harvard Business Review Press, 2014
- Daft R, *Organization Theory and Design*, p. 218, 2008
- E. Salas, A. L. Thayer, W. Bedwell, M. L Shuffler e E. H. Lazzara, *Understanding and improving teamwork in organizations: as scientifically based practical guide*, Human resource management, 2014

SECONDO CAPITOLO

- M. Robin, *Introduction to AI Robotic*, p. 195, 2019
- F. Canna, *Il mercato dei robot industriali: vendite in calo, base installata in crescita e boom dei cobot*, Innovation Post, 2020
- A. Frisoli, *Robotica collaborativa, perché è la chiave per l'industria 5.0*, NetworkDigital360, 2021
- P. Rocco, *Il "cobot" nuova star della fabbrica smart, ecco i vantaggi*, NetworkDigital360, 2019
- A. Cocchi, *I benefici dell'automazione robotica industriale per l'azienda*, Universal Robots, 2021
- M. Callegari, *Industria 4.0 e innovazione robotica, la collaborazione uomo-macchina*, Fabbrica Futuro, 2019
- S. Fachetti, *Ford: quando il robot diventa collaborativo*, HDMOTORI, 2016
- J. Condemi, *Additive manufacturing: cos'è e come usare la produzione additive per la sostenibilità*, NetworkDigital360, 2021
- AA.VV, *Additive Manufacturing e innovazione, come ripensare i processi industriali*, Parole di Management, 2020
- P. Sandonnini, *Manifattura additiva, cos'è, come funziona, quali vantaggi offre*, NetworkDigital360, 2020
- A. Bacchetti, M. Zanardini, *Gli ambiti applicativi della stampa 3D*, NetworkDigital360, 2016
- M. Margiov, *Sculpteo: sondaggio sulla stampa 3D nel 2020*, Stampare in 3D, 2020
- G. Bottari, *Cyber physical systems (CPS), cosa sono, come stanno rivoluzionando il mondo industriale*, NetworkDigital360, 2020
- F. Astone, B. Merolle, *Nel cuore dell'Industry 4.0: i Cyber – Physical Systems*, Industria Italiana, 2017
- M. Bellini, *IoT (Internet of Things): cos'è, come funziona ed esempi*, NetworkDigital360, 2020
- P. Todorovich, *L'Internet delle cose (Iot): cos'è e come rivoluzionerà prodotti e servizi*, Networkdigital360, 2021

- G. Gruosso, *L'IoT per l'innovazione di processo: cos'è l'IoT industriale (IIoT)*, Fondirigenti, 2017
- S. Russo, *Cos'è il Cloud?*, Epsilon, 2017
- E. Bermano, *Cos'è il Cloud Computing*, IThesia Sistemi, 2020
- A. Lombardo, *Cloud Computing: cos'è e come funziona*, CTMobi, 2020
- J. Khal, *La differenza tra Machine Learning e Intelligenza Artificiale*, Pixel Hub, 2021
- S. Duplessie, *Big Data – A better Definition*, Enterprise Strategy Group, 2012
- A. Rezzani, *Le tre V dei Big Data*, DataSkills, 2018
- N. Roli, *Ma quanti dati generiamo?*, NUR Digital Marketing, 2019
- A. Piva, *Le 5V dei Big Data: dal Volume al Valore*, Blog Osservatori Digital Innovation, 2019
- Omnia Group, *5 motivi per cui la Big Data Analysis offre un vantaggio competitivo alle PMI*, Blog Omnia Group, 2018
- A. Gazzerro, *People analytics: perché dovrete implementarla nella tua organizzazione*, Whappy Srl, 2020
- F. Seghezzi, *I Big Data per la gestione delle risorse umane in industria 4.0: la workforce analytics*, Fondirigenti, 2017
- M. Pizzinato, *HR Analytics: cos'è, come funziona e come aiuta la tua azienda*, Factorial Blog, 2021
- L. La Polla, *Manufacturing: 10 motivi per adottare un portale intranet aziendale*, Extra Club SRL, 2019
- E. Ferrini, *Che cos'è un sistema ERP*, Uno Sistemi, 2017
- R. L. Daft, *Organizzazione Aziendale*, p. 304, 2017
- A. Nobili, *Perché il Knowledge Management è un'opportunità per le aziende?*, Marketing Arena LAB, 2017
- C. Cama, *Electronic Data Interchange: cosa sono i sistemi EDI e quali vantaggi portano all'ufficio acquisti?*, Wurth News, 2020
- G. Marchi, *Cos'è la Extranet*, Intranet.ai, 2019

TERZO CAPITOLO

- M. Busato, *Metodologia lean Toyota per la gestione innovativa delle PMI italiane*, Blog Make Group, 2021
- P. Canuto, *Pensa più "Lean". Concetti base del lean thinking per aumentare produttività e vivibilità della tua impresa*, CTQ, 2018
- N. Capuzzolo, *La filosofia Kaizen in ottica aziendale*, LinkedIn, 2021
- I. Lavinia, F. Steffan, *Kaizen e Lean Production: come migliorare la tua azienda*, MakeITlean , 2015
- P. Capoferro, *Smart Working: che cos'è, a cosa serve, perché è importante per il business*, NetworkDigital360, 2021
- F. Crespi, *Smart Working: cosa significa e perché è così importante?*, Blog Osservatori.net Digital Innovation, 2019
- F. Pacifico, *Smart Working: tutto quello che c'è da sapere sul "lavoro agile"*, Arricchisciti, 2018
- D. Malara, *Welfare, benessere in azienda e work-life balance*, InsideOut, 2018
- A. Panico, *Work Life Balance Cos'è?*, Business Coaching Italia, 2020
- A. Zuffi, *McKinsey: "I robot ruberanno 800 milioni di posti di lavoro entro il 2030"*, Digital Day, 2017
- P. Licata, *Professioni Digitali, identikit dei nuovi ruoli e quali vantaggi portano nelle aziende*, NetworkDigital360, 2021
- L. Reggiani, *Occupazione e digitalizzazione: quali le professioni a rischio?*, Forme, 2019
- J. Lyu Ke, *Disoccupazione tecnologica: per colmare il divario di competenze digitali serve un approccio globale collaborativo*, NetworkDigital360, 2020
- Tortuga, *I robot non rubano il lavoro*, Il Foglio, 2018
- D. Lazzarin, *Industria 4.0, due fabbriche italiane tra i 16 "campioni" del World Economic Forum*, NetworkDigital360, 2019
- F. Cerginale, *Un cruscotto digitale, ecco la "SmartFab" secondo Rold*, Innovation post, 2018
- R. Zonnin, *Perché la Rold è diventata una fabbrica faro*, Innovation Post, 2019
- F. Astone, B. Merolle, *Il caso Rold e i 6 spunti che può offrire agli altri manifatturieri*, Industria Italiana, 2020

Desidero dedicare qualche riga a tutte le persone che con dedizione e pazienza hanno contribuito alla realizzazione della mia tesi di laurea.

Dedico questo mio traguardo ai miei genitori, il pilastro della mia vita, ai quali sono infinitamente grata per avermi dato l'opportunità di essere qui oggi e intraprendere la carriera universitaria.

Grazie a mia mamma Giulia che è sempre stata al mio fianco in questo lungo viaggio, nei momenti belli e in quelli di sconforto. La ringrazio per non aver mai smesso di credere in me, per la sua dolcezza e l'infinita pazienza con cui mi è stata accanto, spronandomi ad andare avanti e non arrendermi mai.

Grazie a mio papà Lanfranco che con i suoi insegnamenti e la sua saggezza mi ha sempre guidato e ispirato. Lo ringrazio per avermi insegnato a credere in me stessa e vivere tutte le sfide della vita con energia e positività.

Grazie alla mia gemellina Emanuela, la mia migliore amica, con la quale ho condiviso l'intero percorso di studi. Grazie per essere stata la mia spalla, per avermi fatto sorridere sempre e per avermi sostenuta senza mai lasciarmi. Senza di lei non avrei ricordato questi anni con così tanto amore e gioia.

Infine ringrazio Alessandro, una persona speciale che mi ha sempre supportato e sopportato. Grazie per aver capito tutte le mie preoccupazioni, per avermi tranquillizzata e incoraggiata sempre. Grazie per essere stato capace di strapparmi un'infinità di sorrisi e aver contribuito a rendere speciale questo percorso.