



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI
"M.FANNO"

CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA

PROVA FINALE

**"INVESTIMENTI IN TECNOLOGIE DIGITALI: PROCESSI DI
TRASFORMAZIONE PER DIVENTARE IMPRESE 4.0"**

RELATORE:

CH.MA PROF.SSA ELEONORA DI MARIA

LAUREANDO: ALBERTO PAVIN

MATRICOLA N. 1188569

ANNO ACCADEMICO 2020 – 2021

INDICE

ABSTRACT.....	3
CAPITOLO 1: TECNOLOGIE DIGITALI NELL'INDUSTRIA 4.0.....	5
1.1 Introduzione.....	5
1.2 Trasformazione digitale nell'impresa 4.0.....	7
1.3 Tecnologie digitali alla base di Industria 4.0	11
1.3.1 Internet of Things	12
1.3.2 Cloud Computing.....	13
1.3.3 Big Data and Analytics.....	14
1.4 Conclusioni.....	15
CAPITOLO 2: INVESTIMENTI IN TECNOLOGIE 4.0 IN AMBITO PRODUTTIVO - ANALISI DEL CONTESTO ITALIANO	17
2.1 Introduzione.....	17
2.2 Principali tecnologie digitali utilizzate in ambito produttivo dalle imprese 4.0	17
2.2.1 Additive Manufacturing.....	19
2.2.2 Intelligenza Artificiale	20
2.2.3 Robotica Avanzata.....	21
2.2.4 Realtà Aumentata.....	22
2.2.5 Sistemi cyber-fisici	23
2.3 Investimenti in tecnologie digitali nelle imprese manifatturiere italiane	24
2.4 Conclusioni.....	27
CAPITOLO 3: CASO SIRMAX: PROGETTI DI TRASFORMAZIONE DIGITALE NEL REPARTO OPERATIONS.....	29
3.1 Introduzione.....	29
3.2 Progetti di trasformazione digitale implementati e in corso di implementazione	29
3.2.1 Digitalizzazione e condivisione real time di informazioni e dati	31
3.2.2 Gestione della manutenzione	36
3.2.3 Controllo del processo e installazione di sensoristica evoluta.....	38
3.3 Conclusioni.....	42
BIBLIOGRAFIA	43
Libri e articoli scientifici	43
Sitografia, report di ricerca e fonti giornalistiche.....	44

ABSTRACT

L'avvento di Industria 4.0 ha influenzato radicalmente i processi produttivi delle imprese manifatturiere, attraverso l'introduzione di nuove tecnologie digitali che hanno permesso la creazione di moderni sistemi di integrazione, automazione e comunicazione all'interno delle fabbriche. L'applicazione delle tecnologie 4.0 ha dato inizio ad un processo di trasformazione che ha portato ad un'evoluzione della produzione manifatturiera, precedentemente basata principalmente sull'utilizzo delle macchine industriali ed attualmente guidata dall'uso di tecnologie digitali, consentendo così lo sviluppo di fabbriche intelligenti e interconnesse.

Il seguente elaborato si pone quindi l'obiettivo di analizzare il fenomeno Industria 4.0, focalizzando l'attenzione sulle tecnologie digitali e sui processi di trasformazione digitale intrapresi dalle imprese per diventare 4.0. In particolare, nel primo capitolo si proverà ad inquadrare e a fornire una definizione del concetto di trasformazione digitale, evidenziandone gli effetti e le diverse dimensioni di trasformazione; saranno inoltre descritte in dettaglio le quattro tecnologie digitali considerate da molti autori come le tecnologie alla base di Industria 4.0: Internet of Things, i servizi di Cloud, Big Data e Analytics. Nel secondo capitolo verranno invece analizzate le principali tecnologie digitali utilizzate dalle imprese 4.0 in ambito produttivo, descrivendone le caratteristiche, le diverse applicazioni e funzionalità, e verrà inoltre illustrata un'analisi statistica del grado di diffusione di queste tecnologie nelle imprese manifatturiere italiane. Nell'ultimo capitolo sarà poi presentato il caso Sirmax, multinazionale Veneta leader nell'Industry della plastica che negli ultimi anni ha intrapreso vari progetti di trasformazione digitale nel reparto operations, al fine di integrare negli stabilimenti produttivi applicazioni e tecnologie digitali per la realizzazione di un sistema cyber-fisico.

CAPITOLO 1

TECNOLOGIE DIGITALI NELL'INDUSTRIA 4.0

1.1 Introduzione

L'origine dell'idea di Industria 4.0 può essere ricondotta al piano "High Tech strategy" presentato nel 2006 dal Governo Tedesco per lo sviluppo tecnologico del paese (Smit *et al.*, 2016), il quale fu ulteriormente sviluppato e rinnovato nel 2010 con il nome di "High Tech strategy 2020" (Oztemel, Gursev, 2020).

Il termine Industria 4.0 viene però utilizzato per la prima volta nel 2011, quando un gruppo di lavoro, creato dal Ministero Tedesco dell'Istruzione e della Ricerca e formato da industriali, accademici e ricercatori (Smit *et al.*, 2016), presentò questo concetto alla fiera di Hannover all'interno della relazione "*Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution*". (Kagermann *et al.*, 2011). In quell'occasione il termine Industria 4.0 fu utilizzato con un duplice significato: da un lato si voleva identificare una strategia di digitalizzazione della manifattura Tedesca volta a consolidare la propria leadership internazionale (Guarascio, Sacchi, 2017), dall'altro l'utilizzo di "4.0" stava ad indicare l'inizio di una vera e propria rivoluzione, la *Quarta Rivoluzione Industriale* (Kagermann *et al.*, 2013).

L'obiettivo del gruppo di lavoro Tedesco che propose il concetto di Industria 4.0 nel 2011 era quello di rivoluzionare i processi produttivi esistenti (Smit *et al.*, 2016) attraverso l'introduzione di diverse innovazioni radicali che avrebbero permesso lo sviluppo di smart factories (fabbriche intelligenti), integrate verticalmente e orizzontalmente e completamente automatizzate (Oztemel, Gursev, 2020). Questa rivoluzione portò ad un significativo cambiamento rispetto ai concetti e ai metodi sviluppati a partire dagli anni '70 dalla Terza Rivoluzione Industriale, che aveva favorito lo sviluppo dell'automazione delle singole macchine e dei singoli processi produttivi attraverso l'utilizzo di elettronica e IT, ma che non consentiva una completa integrazione e automazione: per questo Industria 4.0 può essere identificata come la Quarta Rivoluzione Industriale (Oztemel, Gursev, 2020).

Il concetto di Industria 4.0 ha quindi aperto una nuova fase nell'industria manifatturiera (Federal Ministry of Education and Research, 2014) guidata principalmente da innovazioni in tecnologie digitali quali Internet of Things, Big Data and Analytics e Cloud Computing (che verranno trattate più in dettaglio nel paragrafo 1.3), le quali hanno dato alle imprese la possibilità di integrare attività e processi produttivi, permettendo la creazione di un valore superiore sia per i clienti che per i processi produttivi stessi (Frank *et al.*, 2019), ad esempio attraverso la realizzazione di sinergie tra imprese che cooperano attraverso piattaforme e sistemi comuni (Matsukawa *et al.*, 2020).

Secondo Oztemel e Gursev, i quali hanno redatto una revisione della letteratura riguardante Industria 4.0 e tecnologie correlate, pubblicata nel Gennaio 2020 nel *Journal of Intelligent manufacturing*, Industria 4.0 può essere definita come “una filosofia di produzione che include moderni sistemi di automazione con un certo livello di autonomia, uno scambio di dati efficiente e versatile che richiede l’applicazione delle tecnologie di produzione di nuova generazione, innovazione nel design e una produzione più personale e agile, nonché prodotti personalizzati”.¹ Industria 4.0 non deve essere quindi interpretata come una singola innovazione radicale che ha rivoluzionato l’industria manifatturiera, al contrario deve essere vista come un contenitore di diversi “ingredienti tecnologici” in continua evoluzione e ampliamento. Allo stesso tempo però va specificato come non sia sufficiente investire in tecnologie innovative per poter diventare un’impresa 4.0², ma siano necessari anche significative innovazioni nelle pratiche organizzative e nei modelli di business (Culot *et al.*, 2020).

Va inoltre sottolineato che, con il passare del tempo, il concetto di Industria 4.0 è stato esteso anche in settori economici diversi da quello manifatturiero come ad esempio nel settore dei servizi (Lasi *et al.*, 2014) e si è inoltre valutato l’impatto che l’adozione di tecnologie 4.0 ha avuto sul cambiamento dei comportamenti dei consumatori e gli effetti sulla società in generale (Oztemel, Gursev, 2020). Questi ultimi due temi, anche se molto importanti, saranno trattati solo marginalmente in questo elaborato.



Figura 1.1 Industria 4.0.
Fonte: I-SCOOP.

¹ Libera traduzione da Oztemel, E., Gursev, S., Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, January 2020, p. 14.

² Il termine *impresa 4.0* verrà utilizzato in questo elaborato per indicare tutte le imprese che adottano tecnologie, pratiche organizzative e modelli di business coerenti con la filosofia di Industria 4.0.

Gli investimenti in tecnologie digitali nelle imprese restano comunque al centro del fenomeno Industria 4.0: diversi autori definiscono la trasformazione digitale (*Digital Transformation*) come il processo di transizione attraverso il quale le imprese investono in tecnologie digitali per progettare e realizzare fabbriche intelligenti, interconnesse e integrate (Frank *et al.*, 2019), diventando così imprese 4.0. Allo stesso tempo vi è ancora un elevato livello di incertezza nel definire quali siano, che caratteristiche debbano avere e in che modo possano essere implementate le tecnologie proprie della filosofia di Industria 4.0 (Oztemel, Gursev, 2020). Nei paragrafi successivi si cercherà quindi di far chiarezza su questo tema, attraverso la descrizione delle principali tecnologie digitali utilizzate dalle imprese 4.0, dei prerequisiti necessari per la loro implementazione e dei rischi e benefici che possono emergere dal loro utilizzo.

1.2 Trasformazione digitale nell'impresa 4.0

Nell'era di Industria 4.0, il termine *tecnologie digitali* viene utilizzato per indicare le diverse tecnologie intelligenti e innovative, come ad esempio Internet of Things, Cloud Computing e Big Data and Analytics, adottate dalle imprese 4.0 al fine di ottenere elevati livelli di automazione, comunicazione e integrazione dei processi all'interno della catena del valore (Li *et al.*, 2020) (Frank *et al.*, 2019). Negli ultimi anni in quasi tutti i settori produttivi si sono registrate diverse iniziative da parte delle imprese finalizzate ad esplorare e ad individuare le caratteristiche, i benefici e le opportunità delle nuove tecnologie digitali (Matt *et al.*, 2015).

In particolare, il crescente aumento del livello di integrazione delle tecnologie digitali nell'industria ha spinto molte imprese ad attuare una vera e propria trasformazione digitale (Neuhofer *et al.*, 2015), considerata da diversi autori come una trasformazione tecnologica necessaria per la sopravvivenza delle imprese in un'era digitale (Legner *et al.*, 2017).

La trasformazione digitale consiste in un processo di trasformazione, in attuazione all'interno delle imprese, che non si limita all'implementazione di diverse tecnologie digitali, ma che implica profonde trasformazioni anche nella struttura organizzativa, nei flussi informativi, nei processi produttivi e nelle pratiche manageriali (Matt *et al.*, 2015). Scomponendo la definizione di trasformazione digitale è possibile distinguere tre diversi aspetti coinvolti in questo processo: un primo aspetto riguardante i benefici e i risultati che si intendono raggiungere, un secondo riguardante il processo di trasformazione "de facto", ovvero i cambiamenti necessari da adottare nell'impresa per l'attuazione della trasformazione digitale, e un terzo aspetto riguardante il background tecnologico sottostante la trasformazione digitale (Legner *et al.*, 2017).

La trasformazione digitale può consentire alle imprese di ottenere e raggiungere diversi benefici e obiettivi in termini di aumento di produttività, efficienza nell'allocazione delle risorse e innovazioni nella creazione del valore attraverso lo sviluppo del prodotto e una miglior interazione e servizio al cliente. I benefici della trasformazione digitale però non si limitano alla singola impresa: lo sfruttamento e l'integrazione delle tecnologie digitali vanno oltre i confini aziendali e generano impatti sulla catena di fornitura, sui canali di vendita e sul prodotto finale (Matt *et al.*, 2015) (Neuhofer *et al.*, 2015).

Per quanto riguarda il processo di trasformazione “de facto”, come già più volte sottolineato, la trasformazione digitale comporta profonde trasformazioni di tipo organizzativo e culturale (e tecnologico) nelle imprese, andando ad impattare direttamente ed indirettamente sulla struttura organizzativa, sui modelli di business, sulle strategie aziendali e sui canali di comunicazione. Nel report di ricerca dell'Università di Amburgo riguardante le “eccellenze digitali”, gli autori Böhmman, Drews e Meyer-Blankart hanno individuato gli otto fattori e attività aziendali che sono soggetti a maggiori trasformazioni quando le imprese decidono di attuare un processo di trasformazione digitale (si vedano Legner *et al.*, 2017, p. 6), i quali, se correttamente sviluppati, possono essere determinanti per realizzare efficacemente il processo:

1. **Leadership digitale e sviluppo di skills digitali:** è necessario che i manager e i lavoratori sviluppino le proprie competenze digitali (anche attraverso formazione e nuove assunzioni) per poter guidare, sviluppare ed implementare l'innovazione e la trasformazione digitale.
2. **Agilità Data-driven:** le aziende devono saper migliorare continuamente i propri servizi digitali sviluppando competenze nell'analisi dei dati e rendendo agile il sistema informativo aziendale.
3. **Livello di Engagement di Clienti e Partner:** i clienti e i partner devono essere sempre coinvolti nei processi di digitalizzazione; spesso sono loro stessi a spingere le imprese ad attuare una trasformazione digitale. È inoltre fondamentale riuscire ad ottimizzare ed integrare adeguatamente i canali informativi e di comunicazione digitali e tradizionali.
4. **Gestione delle piattaforme digitali:** in molti settori lo sviluppo di piattaforme digitali ha portato a radicali innovazioni e trasformazioni nelle reti del valore esistenti. Di conseguenza le imprese devono essere in grado di capire in che modo le piattaforme digitali possano essere rilevanti per il proprio business, in quali casi sia necessario prenderne parte e quando sia conveniente adottare trasformazioni per svilupparne e gestirne una propria.

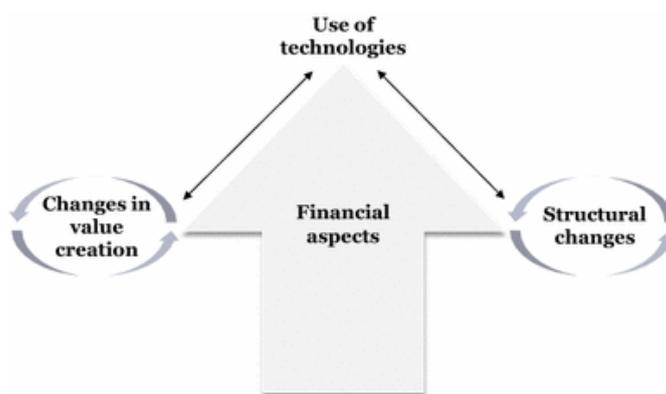
5. **Innovazione nei modelli di business:** le nuove tecnologie digitali offrono alle imprese la possibilità di sviluppare nuovi modelli di business; è necessario però che all'interno dell'organizzazione venga concesso un adeguato livello di autonomia per poterli progettare e realizzare.
6. **Trasformazione dell'architettura del sistema informativo (IT Architecture):** in un ambiente altamente tecnologico caratterizzato da ubiquitous computing³ e da clienti-utenti nativi digitali in grado di adottare rapidamente le innovazioni tecnologiche (Györy *et al.*, 2012), le maggiori pressioni per l'innovazione e lo sviluppo dell'architettura dei sistemi informativi dell'impresa non provengono dall'interno, ossia dalla funzione IT, bensì dall'esterno, guidate da clienti e utenti.
7. **Digitalizzazione e automazione dei processi:** l'adozione di tecnologie digitali spesso permette di aumentare il livello di automazione e digitalizzazione dei processi produttivi. Processi automatizzati e digitali sono un elemento chiave per lo sviluppo di nuovi modelli di business e per l'utilizzo di servizi digitali.
8. **Sicurezza digitale e protezione del know-how aziendale:** le imprese sono sempre più esposte a rischi e a minacce informatiche a causa dell'aumento del livello di digitalizzazione e di interconnessione negli ambienti produttivi. È necessario quindi fornirsi di competenze e strumenti che possano proteggere adeguatamente i sistemi informativi, i dati e il know-how aziendale (Smit *et al.*, 2016).

Per affrontare in maniera efficace ed efficiente il processo di trasformazione digitale, le imprese devono saper individuare le pratiche manageriali più utili a governarne la complessità. Un approccio spesso adottato dalle imprese consiste nel formulare una strategia di trasformazione digitale, la quale può essere molto utile nell'implementare, nel coordinare e nel definire le priorità tra le varie attività e processi di trasformazione. Un'adeguata strategia di trasformazione digitale deve inoltre essere in grado di permeare in maniera capillare tutte le funzioni aziendali e dovrebbe essere allineata e coerente rispetto alle altre strategie di business adottate dall'impresa (Matt *et al.*, 2015).

Secondo lo studio condotto da Matt, Hess e Benlian, indipendentemente dal settore industriale o dalle caratteristiche dell'impresa, tutte le strategie di trasformazione digitale hanno degli elementi in comune, che possono essere racchiusi in quattro differenti dimensioni di trasformazione (Matt *et al.*, 2015):

³ Modello post-desktop di interazione uomo-macchina in cui l'elaborazione delle informazioni è stata interamente integrata all'interno di oggetti e attività di tutti i giorni (fonte Wikipedia).

1. **L'uso delle tecnologie:** l'impresa deve valutare se provare a raggiungere una posizione di market leader attraverso lo sviluppo di nuovi standard tecnologici, i quali possono essere fonte di un significativo vantaggio competitivo ma che ovviamente richiedono un'attitudine organizzativa orientata all'innovazione, elevate competenze tecnologiche e impongono notevoli rischi, o se adottare gli standard tecnologici già presenti nel mercato in un'ottica da follower o, in alcuni casi, fast second (Johnson *et al.*, 2017).
2. **Cambiamenti nella creazione del valore:** la trasformazione tecnologica può dare all'impresa l'opportunità di espandere il proprio portafoglio di prodotti o di soddisfare i bisogni di nuovi mercati; anche in questo caso però sono richieste competenze tecnologiche innovative e si deve tenere conto di alti rischi di insuccesso (Kotler *et al.*, 2019). La digitalizzazione dei prodotti e dei servizi può richiedere inoltre lo sviluppo di nuove forme di monetizzazione (Matt *et al.*, 2015).
3. **Cambiamenti strutturali:** come già detto, la trasformazione digitale comporta notevoli cambiamenti strutturali nonché possibilità di sviluppo di nuovi prodotti e processi. In base all'ampiezza e all'estensione di questi cambiamenti, l'impresa dovrà valutare in maniera strategica se sia conveniente integrare i nuovi prodotti e processi nella struttura esistente o se creare società ad hoc (Matt *et al.*, 2015).
4. **Aspetti finanziari:** le tre dimensioni sopra citate devono però essere considerate tenendo sempre conto di aspetti finanziari quali l'abilità dell'impresa di autofinanziare la strategia di trasformazione digitale e le opzioni di finanziamento esterno praticabili (Matt *et al.*, 2015).



*Figura 1.2 Strategie di trasformazione digitale:
bilanciare quattro differenti dimensioni.
Fonte: Matt et al., 2015.*

Per assicurarsi il successo della strategia di trasformazione digitale e per sfruttarne al massimo effetti e benefici prodotti sarà quindi necessario allineare e bilanciare adeguatamente queste quattro dimensioni di trasformazione.

1.3 Tecnologie digitali alla base di Industria 4.0

Nei paragrafi 1.1 e 1.2 sono stati presentati e definiti i concetti di Industria 4.0 e di trasformazione digitale nelle imprese, senza però averne descritto nel dettaglio le tecnologie digitali alla base; in questa sezione si proverà quindi a far luce su quali siano e che impatti abbiano le tecnologie digitali adottate nelle imprese 4.0.

Analizzando diversi articoli scientifici e report di ricerca si può notare come ci siano discrepanze e, in alcuni casi, anche una certa ambiguità nel definire quali siano le tecnologie digitali alla base del fenomeno Industria 4.0. Secondo gli autori Frank, Dalenogare e Ayala, Internet of Things (IoT, Internet delle cose), i servizi di Cloud, Big Data e Analytics sono le quattro tecnologie base di Industria 4.0 (Frank *et al.*, 2019); per la società Americana di consulenza strategica BCG, invece, le tecnologie che guidano la rivoluzione di Industria 4.0 sono nove e includono, oltre alle tre già citate⁴, Additive Manufacturing (AM, manifattura additiva), Realtà Aumentata (AR), Robotica Avanzata, Simulazione e Modellazione (M&S), Cybersecurity (sicurezza informatica) e Sistemi di Integrazione Orizzontale e Verticale⁵ (BCG, 2021).

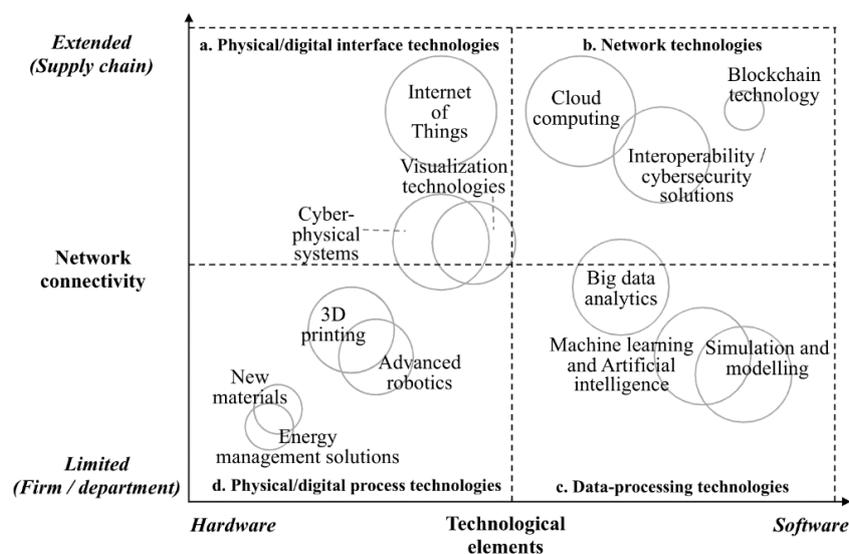


Figura 1.3 Principali tecnologie alla base di Industria 4.0. La dimensione delle aree è proporzionale al numero di citazioni negli articoli esaminati dagli autori.
Fonte: Culot *et al.*, 2020.

Gli autori Culot, Nassimbeni, Orzes e Sartor hanno quindi voluto fare chiarezza su questo tema analizzando più di 100 diversi articoli accademici e non, identificando così le 13 categorie tecnologiche principali di Industria 4.0 che comprendono, oltre alle otto già citate da BCG (escludendo i Sistemi di Integrazione), Intelligenza Artificiale (AI), Cyber-physical System (CPS,

⁴ BCG, analogamente ad altri autori, raggruppa Biga Data e Analytics in un'unica categoria.

⁵ I Sistemi di Integrazione Orizzontale e Verticale sono considerati da diversi autori come la conseguenza dell'adozione di tecnologie come IoT, Cloud Computing e Big data and Analytics e perciò spesso non vengono citati come tecnologia.

sistemi cyber-fisici) Blockchain technology, materiali innovativi e soluzioni per la conservazione dell'energia. Queste ultime due tecnologie sono però difficilmente menzionate dalle fonti accademiche (Culot *et al.*, 2020) e appartengono più alla sfera delle tecnologie fisiche che digitali, pertanto non verranno trattate in questo elaborato. Inoltre, come si può vedere da *Figura 1.3*, gli autori hanno riunito queste 13 categorie in gruppi che si differenziano per:

- 1) Elementi tecnologici (software e hardware) e livello di integrazione tra fisico e digitale
- 2) Livello di connettività di rete (limitata all'impresa o estesa alla catena di fornitura)

I quattro gruppi formati seguendo queste due direttrici racchiudono quindi:

- a) Tecnologie di interfaccia digitale (e fisica)
- b) Tecnologie di rete
- c) Tecnologie di processo dati
- d) Tecnologie digitali di processo (e fisiche)

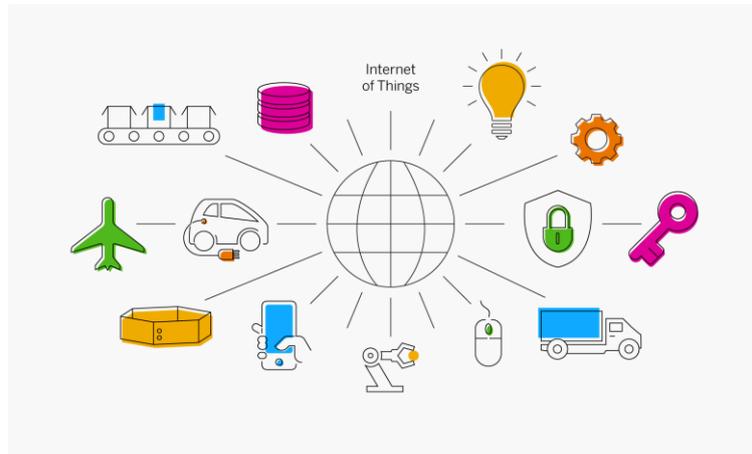
Va infine specificato come i sopracitati autori considerino il panorama tecnologico di Industria 4.0 in continua evoluzione e ampliamento e che non sia quindi corretto prendere alla lettera una lista chiusa di tecnologie chiave.

Si procederà ora ad analizzare singolarmente alcune tra queste tecnologie digitali; è necessario però specificare che, nonostante sia prassi comune analizzarle separatamente, il grado di interdipendenza e di integrazione tra queste sia molto elevato (Culot *et al.*, 2020).

1.3.1 Internet of Things

Internet of Things è probabilmente la tecnologia che ha dato il via alla Rivoluzione 4.0. Va ricordato, infatti, che quando venne utilizzato per la prima volta il termine Industria 4.0, nel titolo del report citato nel par 1.1. compariva anche IoT (Kagermann *et al.*, 2011). IoT è basato su tecnologie preesistenti, gli RFID (identificazione a radio frequenza), i quali consistono in chip intelligenti che vengono incorporati negli oggetti per poterli identificare singolarmente attraverso l'utilizzo di un network di sensori, ed erano stati inizialmente introdotti al fine di sostituire i codici a barre nei prodotti. Attraverso l'utilizzo di RFID e network di sensori, e connettendoli tramite l'uso di Internet e reti wireless, si sono potute integrare per la prima volta reti fisiche, di prodotti e macchinari, e reti informative, creando l'Internet delle Cose (Slack *et al.*, 2016). Secondo l'azienda SAP, IoT può essere descritto come “*Un mondo dove gli oggetti fisici sono perfettamente integrati nella rete informativa, e dove possono diventare partecipanti attivi nei processi di Business. I servizi digitali sono disponibili*”

ad interagire tramite internet con questi “smart objects” (oggetti intelligenti) e a consultare e modificare il loro stato ed ogni informazione a essi associata, tenendo conto dei problemi di sicurezza e privacy”⁶



L'implementazione di IoT nelle imprese può consentire di aumentare l'efficacia e l'efficienza nel raccogliere, processare, condividere e analizzare informazioni riguardanti i processi produttivi e non solo (Li *et al.*, 2020), dando alle imprese la possibilità di efficientare i processi, riducendo costi e rischi (Slack *et al.*, 2016).

La società di consulenza McKinsey individua sei tipi di applicazioni di IoT nelle imprese, raggruppandole in due categorie: informazione e analisi, automazione e controllo. Per quanto riguarda la prima categoria, le informazioni prodotte da IoT permettono di sapere in tempo reale: *dove sono le cose, cosa sta succedendo e cosa fare*, dando quindi ai manager la possibilità di prendere decisioni più velocemente ed efficacemente. Per quanto riguarda automazione e controllo, IoT permette di svolgere l'attività di controllo senza la necessità di un intervento umano ed andando ad impattare su ottimizzazione dei processi, ottimizzazione nell'uso di risorse e velocità di risposta/reazione (Chui *et al.*, 2010).

1.3.2 Cloud Computing

Secondo il National Institute of Standard and Technology (USA) il Cloud Computing (CC, nuvola informatica) *“è un modello che consente un accesso di rete on-demand, ubiquo e dedicato ad un insieme di risorse informatiche condivise e configurabili come server, spazi di archiviazione, applicazioni e servizi, che possono essere forniti e rilasciati rapidamente minimizzando lo sforzo*

⁶ Libera traduzione da Slack, *et al.* Operations Management, ottava ed. Pearson, 2016, Cap 8, p. 254.

gestionale e l'interazione con il fornitore del servizio"⁷. Il CC può quindi essere utilizzato dalle imprese manifatturiere per gestire, aggregare, archiviare ed analizzare grandi quantità di informazioni e dati tramite il fornitore di servizi di Cloud, senza dover effettuare ingenti investimenti in acquisti e installazioni di complessi sistemi informatici (Li *et al.*, 2020). Le imprese possono trarre elevati benefici dai sistemi di Cloud in termini di riduzione di costi e complessità infrastrutturale, nonché di aumento del livello di protezione dei dati e agilità nell'accesso alle informazioni (Oztemel, Gursev, 2020).

I modelli di CC possono essere divisi in quattro tipologie differenti: Cloud privati, ai quali può avere accesso esclusivamente l'organizzazione (Figura 1.5), Cloud pubblici, ad accesso libero, Community Cloud, utilizzati da specifiche comunità di consumatori con interessi comuni e Cloud ibridi. (Mell, Grance, 2011).

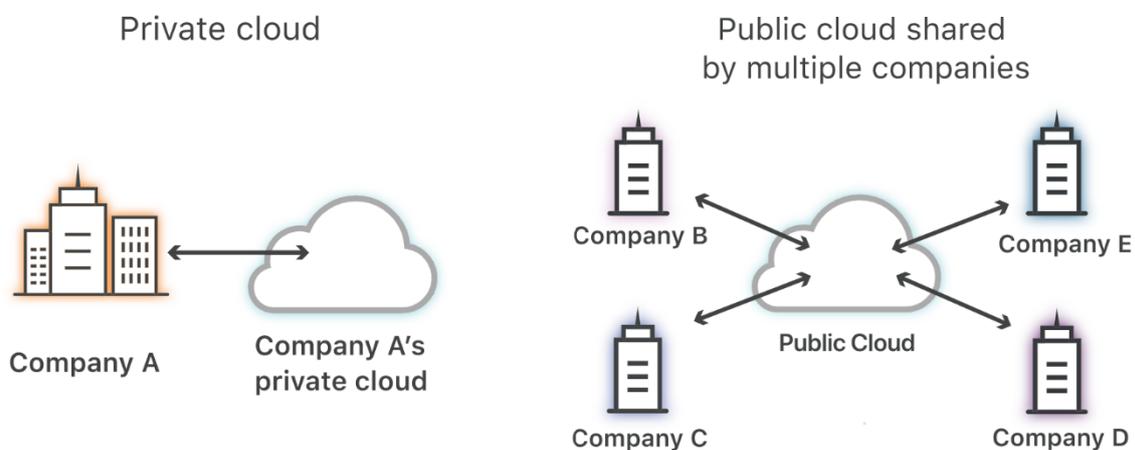


Figura 1.5 Differenza tra Cloud privato e pubblico.
Fonte: cloudflare.com.

1.3.3 Big Data and Analytics

Nell'impresa, il concetto di Big Data può essere definito come l'uso di enormi quantità di dati a supporto (principalmente) dei processi manageriali di decision-making (Ranjan, Foropon, 2020). Le tecnologie di Analytics permettono invece di estrarre informazioni e comprendere i Big Data attraverso l'uso di varie tecniche matematiche, econometriche o di altro tipo. (Li *et al.*, 2020). Big Data and Analytics può quindi essere definito come un approccio olistico di gestione e analisi di dati, finalizzato all'ottenimento di vantaggi competitivi e ad una misurazione efficace delle performance aziendali (Wamba *et al.*, 2016).

⁷ Libera traduzione da Mell, P., Grance, T. The NIST Definition of Cloud Computing. NIST, Special Publication 800-145, September 2011, p. 2.

In letteratura sono state individuate cinque differenti dimensioni che caratterizzano i Big Data, spesso definite come le 5 V:

- **Volume:** l'enorme quantità di dati
- **Varietà** dei dati e delle fonti
- **Veridicità:** la qualità dei dati raccolti
- **Velocità:** l'alta frequenza di generazione dei dati
- **Valore:** i benefici che possono essere ottenuti dall'uso dei dati.

L'uso di BDA nelle imprese viene ad oggi considerato come uno dei maggiori fattori di differenziazione tra organizzazioni con alti e bassi livelli di performance. In aggiunta a quanto detto, le tecnologie di BDA permettono alle imprese di migliorare l'efficienza e la gestione dei rischi collegati ai processi produttivi nonché, specialmente nelle aziende di retail, di rinforzare la relazione con il cliente e di ottimizzare l'esperienza di acquisto, ad esempio attraverso la definizione di offerte personalizzate (Wamba *et al.*, 2016).

1.4 Conclusioni

L'avvento di Industria 4.0, che ha portato all'adozione e all'integrazione delle tecnologie digitali citate nei paragrafi precedenti, ha avuto indubbiamente un notevole impatto positivo nelle imprese manifatturiere, generando molteplici benefici in termini di produttività (e.g. IoT, AI, Robotica), efficienza (BDA, CC, AM), flessibilità e personalizzazione di massa (AM, AI), comunicazione e integrazione verticale e orizzontale (IoT, CC), digitalizzazione e automazione dei processi (AI, IoT, Robotica), riduzione dei rischi collegati ai processi produttivi e controllo dei malfunzionamenti (IoT, BDA, Robotica, AR), real time decision-making (BDA, AI, AR), capacità innovativa e velocità di sviluppo del prodotto (e.g. AM, AI), nuove forme di creazione del valore (BDA, AI), gestione e analisi dei dati (CC, BDA) e molti altri (Oztemel, Gursev, 2020) (Smit *et al.*, 2016) (Culot *et al.*, 2020) (Frank *et al.*, 2019) (Li *et al.* 2020).

Allo stesso tempo è corretto citare anche le criticità e gli svantaggi che hanno dovuto affrontare le imprese 4.0, tra le quali: l'aumento di attacchi hacker e la riduzione della sicurezza informatica, la difficoltà a proteggere il know-how aziendale e l'aumento di imitazioni e plagii, l'impossibilità di nascondere o rimuovere flussi informativi indesiderati, nonché una sempre maggior richiesta di servizi funzionanti 24/7 (Oztemel, Gursev, 2020).

CAPITOLO 2

INVESTIMENTI IN TECNOLOGIE 4.0 IN AMBITO PRODUTTIVO - ANALISI DEL CONTESTO ITALIANO

2.1 Introduzione

Il concetto di Industria 4.0, come già ampiamente discusso nel Capitolo 1, sta ad indicare una filosofia che ha portato alla rivoluzione dei processi produttivi esistenti, attraverso l'introduzione di moderni sistemi di automazione, integrazione e comunicazione che hanno permesso alle imprese di aumentare la propria produttività, efficienza e flessibilità nonché di migliorare la propria capacità innovativa e di creazione del valore (Oztemel e Gursev, 2020) (Culot *et al.*, 2020) (Frank *et al.*, 2019). L'avvento di Industria 4.0 ha portato alla ridefinizione delle dinamiche dell'industria manifatturiera: l'introduzione di tecnologie 4.0 ha infatti innescato un processo di trasformazione che ha portato ad un'evoluzione della produzione manifatturiera, precedentemente basata principalmente sull'utilizzo delle macchine industriali ed attualmente guidata dall'uso di tecnologie digitali, consentendo così lo sviluppo di fabbriche intelligenti e interconnesse (Oztemel e Gursev, 2020).

Nei paragrafi successivi si cercherà quindi di descrivere le principali tecnologie 4.0 utilizzate in ambito produttivo dalle imprese manifatturiere e di definire quali siano gli effetti e i benefici derivanti dalla loro adozione. Verrà inoltre fornita un'analisi del grado di utilizzo e diffusione di queste tecnologie nelle imprese manifatturiere italiane, sia a livello macro, sia scomponendo i dati raccolti in base a dimensione dell'impresa, settore di appartenenza e provenienza geografica.

2.2 Principali tecnologie digitali utilizzate in ambito produttivo dalle imprese 4.0

Il panorama tecnologico di Industria 4.0 deve essere considerato come in continua evoluzione ed ampliamento, perciò, ad oggi, non è possibile descrivere una lista chiusa di tecnologie 4.0 (Culot *et al.*, 2020). Allo stesso tempo però, basandosi su statistiche e revisioni della letteratura, come quelle effettuate da Culot *et al.* e Oztemel e Gursev, è possibile definire quali siano le tecnologie digitali maggiormente diffuse nelle imprese 4.0.

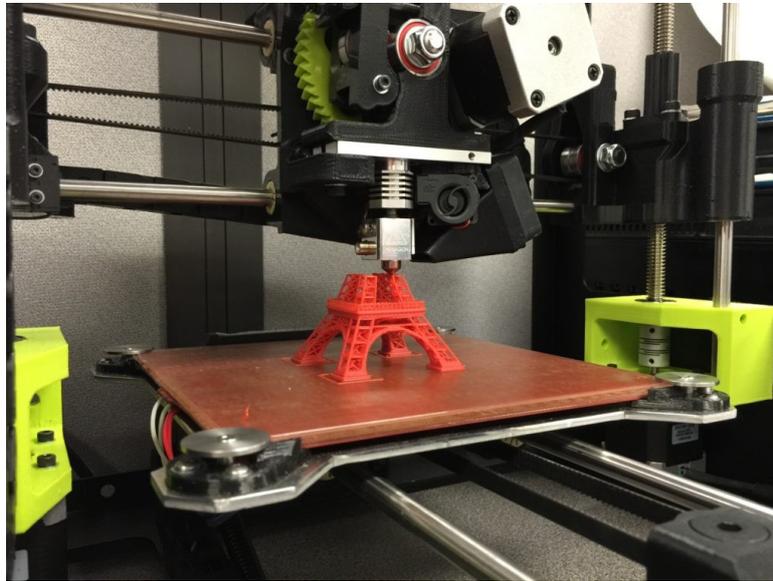
In questo paragrafo verranno descritte alcune tra le tecnologie principali di Industria 4.0 in ambito produttivo (riassunte in *Tabella 3.1*): Additive Manufacturing, Intelligenza Artificiale, Robotica Avanzata, Realtà Aumentata e sistemi cyber-fisici.

TECNOLOGIE DIGITALI	COMPONENTI TECNOLOGICHE	DESCRIZIONE SINTETICA	PRINCIPALI BENEFICI	ESEMPI DI UTILIZZO
<i>Additive Manufacturing</i>	- Stampa 3D	Produzione di oggetti attraverso la generazione e l'aggiunta di successivi strati di materiale	- Riduzione scarti di materiale - Mass customization	- Produzione di componenti e oggetti complessi
<i>Intelligenza Artificiale</i>	- Sistemi hardware e software - Sistemi di Machine Learning	Sistemi computerizzati in grado di percepire l'ambiente, ragionare, imparare ed effettuare azioni in risposta a stimoli	- Automazione dei processi di decision-making - Efficienza nello sviluppo del prodotto	- Sviluppo di Smart Products - Fornitura di servizi personalizzati
<i>Robotica Avanzata</i>	- Cobot - IoT - AI	I cobot sono in grado di controllare l'ambiente circostante, rispondere a stimoli esterni e collaborare tra loro e con i lavoratori per lo svolgimento di diverse attività	- Aumento della produttività - Efficienza nell'utilizzo delle risorse - Riduzione di attività rischiose e faticose a carico dei lavoratori	- Attività di pick & place - Attività manuali come finitura e saldatura
<i>Realtà Aumentata</i>	- Telecamera - Elementi di attivazione - Processore di informazioni - Display	Tecnologie adottate per fornire agli utilizzatori una visione degli ambienti reali integrata e combinata con elementi virtuali elaborati a computer, come informazioni, note, immagini e colori	- Aumento della sicurezza nel luogo di lavoro - Efficacia nella formazione - Standardizzazione del know-how	- Formazione e simulazione di attività - Assistenza da remoto
<i>Sistemi cyber-fisici</i>	- Tecnologie di identificazione (RFID) - Attuatori - Intelligenza decentralizzata	Rete di sistemi e oggetti nella quale gli oggetti fisici sono affiancati e in comunicazione con una propria rappresentazione virtuale e integrati in piattaforme con capacità di calcolo e memorizzazione di dati	- Ottimizzazione dei processi - Aumento della produttività - Efficienza nell'utilizzo delle risorse	- Controllo performance di processo - Configurazione e adattabilità dei sistemi

Tabella 2.1 Principali tecnologie digitali 4.0 in ambito produttivo

2.2.1 Additive Manufacturing

La produzione additiva (AM) è una tecnica produttiva, basata principalmente su tecnologie digitali note come Stampanti 3D, che permette la produzione di oggetti tridimensionali attraverso la generazione e l'aggiunta di successivi strati di materiale, fino all'ottenimento della forma desiderata (Bacchetti, Zanardini, 2018).



*Figura 2.1 Stampante 3D in azione.
Fonte: Howla.com, 2018.*

L'AM ha introdotto nell'impresa manifatturiera una sorta di "Rivoluzione Copernicana" rispetto alla tradizionale produzione sottrattiva, caratterizzata dall'uso di macchinari come torni e fresatrici che, partendo da una maggiore quantità di materiale, modellano, perforano, erodono, tagliano e rimuovono materia al fine di ottenere l'oggetto finale. L'AM, rispetto alla produzione sottrattiva, permette inoltre di produrre con un'unica lavorazione oggetti che prima erano realizzati attraverso l'assemblaggio di diverse componenti (Slack *et al.*, 2016). L'introduzione di tecnologie di AM consente alle imprese di ridurre significativamente gli scarti di materiale e di conseguenza i costi degli input, nonché di produrre economicamente piccole quantità di oggetti complessi o personalizzati (personalizzazione di massa), poiché, a differenza della produzione sottrattiva in cui i costi unitari diminuiscono all'aumentare dei volumi e del livello di standardizzazione dei prodotti, nell'AM i costi per passare dalla produzione di un prodotto ad un altro sono praticamente nulli. L'AM può dare quindi la possibilità di superare il tradizionale trade-off tra efficienza e velocità da una parte, e flessibilità e varietà dall'altra (Slack *et al.*, 2016).

2.2.2 Intelligenza Artificiale

La società di consulenza e revisione PWC definisce l'Intelligenza Artificiale (AI) come “*un termine utilizzato per indicare i sistemi computerizzati che sono in grado di percepire l'ambiente, ragionare, imparare ed effettuare azioni in risposta a stimoli visivi, tattili, informatici e di altro tipo*”⁸. Come si può vedere da *Figura 2.2*, PWC identifica quattro forme di AI, che si differenziano per la presenza (assenza) di interazione uomo-macchina e per il tipo di sistemi alla base della tecnologia (adattativi o specifici):

1. **Intelligenza Assistita:** si limita ad aiutare i lavoratori a prendere decisioni e svolgere compiti e attività.
2. **Automazione,** sia di attività manuali che cognitive: automatizza attività già esistenti.
3. **Intelligenza Aumentata:** aiuta i lavoratori nei processi di decision-making, servendosi di metodi basati sull'apprendimento esperienziale.
4. **Intelligenza Autonoma:** processi automatizzati e adattativi di decision-making che non richiedono l'intervento umano.

	<i>Human in the loop</i>	<i>No human in the loop</i>
<i>Hardwired/ specific systems</i>	<p>Assisted intelligence AI systems that assist humans in making decisions or taking actions. Hardwired systems that do not learn from their interactions.</p>	<p>Automation Automation of manual and cognitive tasks that are either routine or nonroutine. This does not involve new ways of doing things, but automates existing tasks.</p>
<i>Adaptive systems</i>	<p>Augmented intelligence AI systems that augment human decision making and continuously learn from their interactions with humans and the environment.</p>	<p>Autonomous intelligence AI systems that can adapt to different situations and can act autonomously without human assistance.</p>

Figura 2.2 Quattro forme di Intelligenza Artificiale.

Fonte: PWC, *Global Digital Operations Study 2018*.

L'utilizzo di tecnologie AI ha permesso alle imprese di rendere più efficiente lo sviluppo del prodotto, produrre Smart Products (prodotti intelligenti), processare e analizzare Big Data in maniera più efficace, fornire servizi personalizzati ai clienti e sviluppare una produzione on-demand (PWC, 2018).

⁸ Libera traduzione da PWC, *Global Digital Operations Study Digital Champions 2018*, p. 42.

2.2.3 Robotica Avanzata

L'utilizzo dei robot nell'industria manifatturiera viene già da molto tempo considerato come un fattore chiave per la competitività delle imprese. Prima dell'avvento di Industria 4.0, nelle imprese erano presenti robot industriali che agivano in maniera automatizzata, spesso chiusi in gabbie protettive o in aree dedicate, ma che mancavano di versatilità, adattabilità e capacità di interfaccia con l'uomo (Villani *et al.*, 2018). Oggi, grazie anche al supporto di altre tecnologie 4.0 (e.g. IoT, AI) che permettono una migliore automazione ed elaborazione di dati, nelle imprese 4.0 sono stati implementati i robot collaborativi (cobot), i quali consentono un'interazione sicura e diretta tra uomo e macchina nello svolgimento delle attività lavorative (Villani *et al.*, 2020). I cobot sono in grado di controllare l'ambiente circostante e di rispondere a stimoli esterni ed inoltre, grazie all'uso di AI, possono collaborare tra loro per il raggiungimento di obiettivi specifici (Oztemel e Gursev, 2020). Le aree di applicazione di questa tecnologia sono diverse: ad oggi molti Cobot sono impiegati in attività di pick & place (prendere, spostare e depositare), in attività manuali come finitura, saldatura e incollatura, in attività di machine tending e molte altre. L'avvento dei cobot ha consentito lo svolgimento di queste attività in totale sicurezza, in aree a cui hanno accesso anche i lavoratori, e ha permesso inoltre la standardizzazione di attività per cui non era fisiologicamente possibile fornire manualmente una qualità standard (e.g. saldatura) (Anitec-Assinform, 2020).



*Figura 2.3 Cobot e lavoratore che collaborano ad una stessa attività.
Fonte: Villani et al., 2018.*

In aggiunta a ciò, l'utilizzo di cobot, nonostante gli alti costi di manutenzione richiesti, ha consentito alle imprese 4.0 di aumentare la produttività, l'efficienza nell'utilizzo delle risorse e di velocizzare le operazioni; i cobot permettono inoltre di ridurre lo stress e la fatica derivanti da compiti ripetitivi e possono anche essere utilizzati per le operazioni più pericolose, a tutela del lavoratore (Oztemel e Gursev, 2020) (Anitec-Assinform, 2020).

2.2.4 Realtà Aumentata

Il concetto di Realtà Aumentata (AR) si riferisce all'insieme di tecnologie che vengono adottate per fornire agli utilizzatori una visione degli ambienti reali integrata e combinata con elementi virtuali elaborati a computer, come informazioni, note, immagini e colori (Paelke, 2014). Un sistema AR è composto da quattro tecnologie differenti (Fraga-Lamas *et al.*, 2018):

- **Telecamera** per catturare le immagini reali
- **Elementi di attivazione** del sistema (sensoristica di processo, posizioni GPS, immagini)
- **Processore** di informazioni e immagini digitali
- **Display** di visualizzazione degli elementi reali e virtuali (e.g. occhiali AR, monitor portatili)

Le tecnologie AR possono essere utilizzate per assistere, formare ed aiutare nelle decisioni i lavoratori durante diverse attività come manutenzione, assistenza da remoto, installazione, assemblaggio, design e gestione dei rischi (Oztemel e Gursev, 2020). Le tecnologie AR possono fornire agli operatori informazioni in tempo reale durante lo svolgimento di un'attività e possono inoltre essere utilizzate per simulare scenari reali al fine di allenare gli operatori, in totale sicurezza, a situazioni di stress o a situazioni inusuali (Anitec-Assinform, 2020). I benefici derivanti dall'utilizzo di queste tecnologie possono essere quindi definiti in termini di: efficienza nella formazione, aumento della sicurezza nel luogo di lavoro, standardizzazione del know-how, miglioramento della produttività e possibilità di prevenire errori che potrebbero causare infortuni o danneggiare macchinari (Fraga-Lamas *et al.*, 2018) (Anitec-Assinform, 2020).

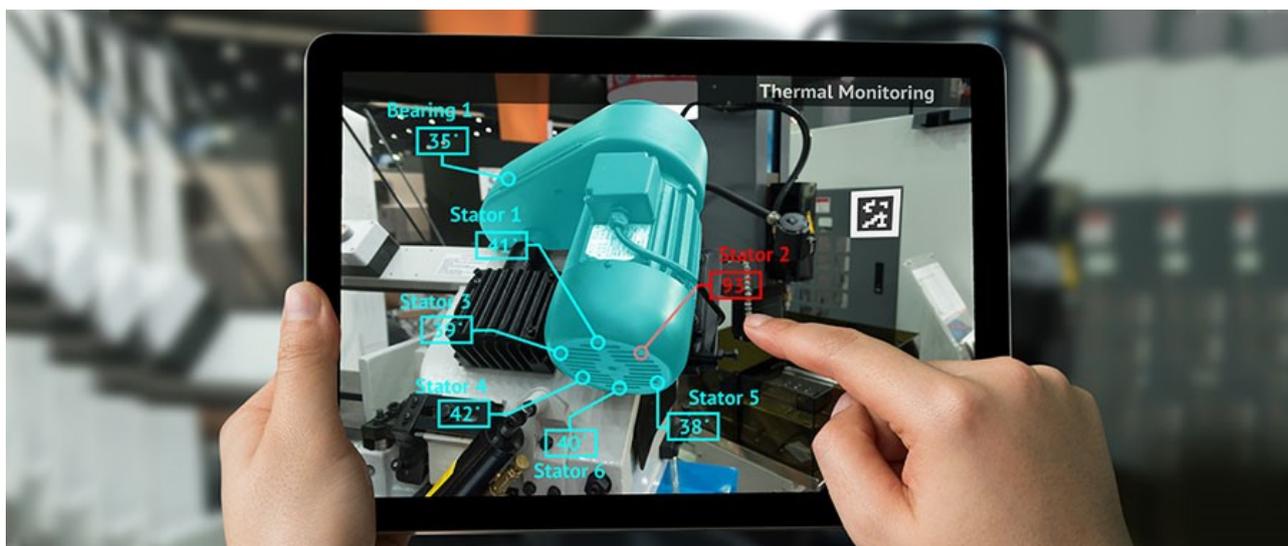


Figura 2.4 Visione integrata di ambienti reali e virtuali tramite display.
Fonte: airlapp.com.

2.2.5 Sistemi cyber-fisici

Secondo diversi autori, un elemento fondamentale della rivoluzione 4.0 è stato lo sviluppo dei sistemi cyber-fisici (CPS), i quali hanno portato ad un profondo cambiamento nel livello di interconnessione dei sistemi manifatturieri, attraverso l'integrazione di macchine, IoT e ICT per la formazione di fabbriche intelligenti (Kagermann *et al.*, 2013) (Dalenogare *et al.*, 2018). I CPS possono essere definiti come una rete di sistemi e oggetti nella quale gli oggetti fisici, come macchine, robot e prodotti, sono affiancati e in comunicazione con una propria rappresentazione virtuale, il cosiddetto Digital Twin (gemello digitale), e sono integrati in piattaforme con capacità di calcolo e memorizzazione di dati. La generazione del Digital Twin, fondamentale per la realizzazione dei CPS, è possibile grazie all'integrazione, all'interno dei processi produttivi, di tecnologie digitali come CC, AI ma soprattutto IoT (Boschi *et al.*, 2017) (Oztemel e Grusev, 2020). I CPS sono quindi formati da un insieme di tecnologie abilitanti, che consentono lo sviluppo di sistemi produttivi intelligenti, autonomi e integrati tra fisico e digitale. Le tecnologie abilitanti dei CPS possono essere racchiuse in tre categorie:

- **Tecnologie di identificazione**, come i sensori RFID di IoT, che permettono di monitorare, in maniera automatizzata, la situazione in real time degli oggetti e dei processi produttivi (Hermann *et al.*, 2016).
- **Attuatori**, che permettono di svolgere autonomamente azioni correttive per ottimizzare i processi o risolvere un problema (Bottari, 2020).
- **Intelligenza decentralizzata**, integrata a sensori ed attuatori, che elabora le informazioni e definisce le azioni correttive (Boschi *et al.*, 2017).

Le funzioni principali di un CPS consistono da un lato nel monitorare i processi produttivi e le performance, tramite meccanismi di feedback e di raccolta di big data, e dall'altro, attraverso la trasmissione dei dati ai sistemi virtuali, nel consentire l'adattabilità e la configurazione in real time dei sistemi, attraverso l'elaborazione dei dati, l'identificazione di diversi scenari possibili e la presa di decisioni in maniera autonoma e intelligente. (Otemel e Gursev, 2020) (Boschi *et al.*, 2017). I CPS possono quindi essere realizzati nelle imprese 4.0 al fine di consentire l'ottimizzazione dei processi, attraverso la riduzione dei tempi di produzione e set-up, l'efficientamento nell'utilizzo di risorse e una maggior produttività derivante dall'adattabilità e dai meccanismi di self-learning dei sistemi (Dalenogare *et al.*, 2018). I CPS permettono inoltre di migliorare l'accesso, l'elaborazione e la comunicazione delle informazioni e di svolgere attività di manutenzione preventiva dei macchinari (Oztemel e Gursev, 2020).

2.3 Investimenti in tecnologie digitali nelle imprese manifatturiere italiane

Il capitalismo italiano è caratterizzato e si differenzia da altri capitalismi nazionali per diversi fattori, tra i quali possono essere citati:

- La **dimensione medio-piccola** delle imprese: il 95% delle imprese impiega meno di 10 dipendenti e il 99% meno di 50; le PMI sono spesso agglomerate in distretti industriali.
- La **specializzazione manifatturiera in settori tradizionali**, a medio-bassa tecnologia (27% del valore aggiunto nell'economia manifatturiera) e a bassa tecnologia (39%), come alimentare (12%) e tessile (13%).
- Un **basso livello di innovazione tecnologica** e ricerca e sviluppo nelle imprese manifatturiere (Tunisini *et al.*, 2019).

Per questi fattori, e non solo, il livello di digitalizzazione nelle imprese manifatturiere italiane, anche se in costante crescita, è ancora basso: nonostante più di 3 imprese su 4 dichiarino di investire nel digitale, solo il 3.8% ha raggiunto un grado di maturità digitale, dato che sale però al 23% per le imprese con più di 500 addetti (Censimenti Istat, 2020).

Una forte spinta agli investimenti nel digitale è stata fornita dal Piano nazionale Industria 4.0 (2017-2020) che ha introdotto agevolazioni fiscali per le imprese sull'acquisto di beni materiali (tecnologie 4.0) funzionali alla trasformazione digitale dei processi produttivi, su beni immateriali come software e piattaforme, incorporati o interconnessi ai beni materiali, e su formazione 4.0 (MISE, 2017). Il piano è stato poi rinnovato con il nome di Piano Transizione 4.0, nel quale le agevolazioni sono state estese anche agli investimenti in ottica di economia circolare e sostenibilità ambientale (MISE, 2019-2020), e ulteriormente potenziato nel Nuovo Piano Nazionale Transizione 4.0, che prevede una maggiorazione dei tetti (massimali) e delle aliquote sul credito d'imposta per tutte le categorie di investimenti già previste, tramite uno stanziamento di circa 24 miliardi di Euro. Quest'ultimo piano viene considerato come uno dei pilastri su cui si fonda il Recovery Fund italiano, varato al fine di risollevarlo il paese e l'industria dopo più di un anno di crisi pandemica. (MISE, 2020).

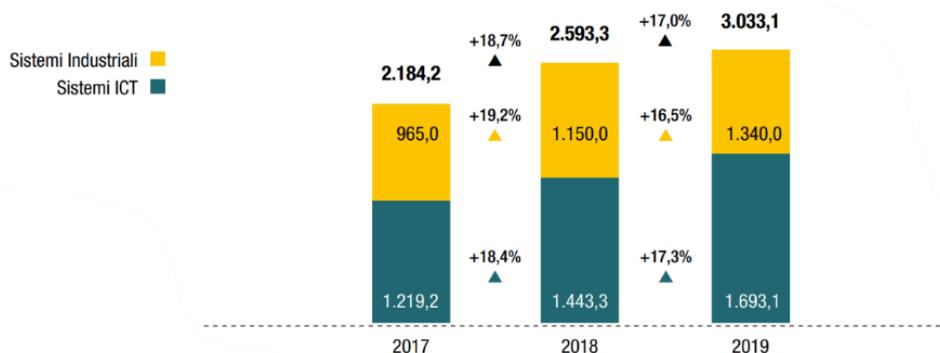


Figura 2.5 La crescita del mercato Industria 4.0 nel triennio 2017-2020.
Dati in milioni di euro.
Fonte: NetConsulting cube, 2020.

Nel settore industriale, come si può vedere da *Figura 2.5*, l'attuazione del Piano Industria 4.0 ha portato, nel triennio 2017-2019, ad un significativo aumento degli investimenti in progetti 4.0, per un valore complessivo che supera i 3 miliardi di euro, tra investimenti in sistemi ICT e industriali (Anitec-Assinform, 2020).

Per quanto riguarda invece l'adozione delle singole tecnologie 4.0 nelle imprese manifatturiere, la rilevazione sulle tecnologie dell'informazione e comunicazione nelle imprese⁹, effettuata annualmente da Istat, descrive un contesto in cui solo una piccola percentuale di imprese ha implementato una o più tecnologie 4.0 (Istat, 2020).

In particolare, come si può vedere dal *Grafico 2.1*:

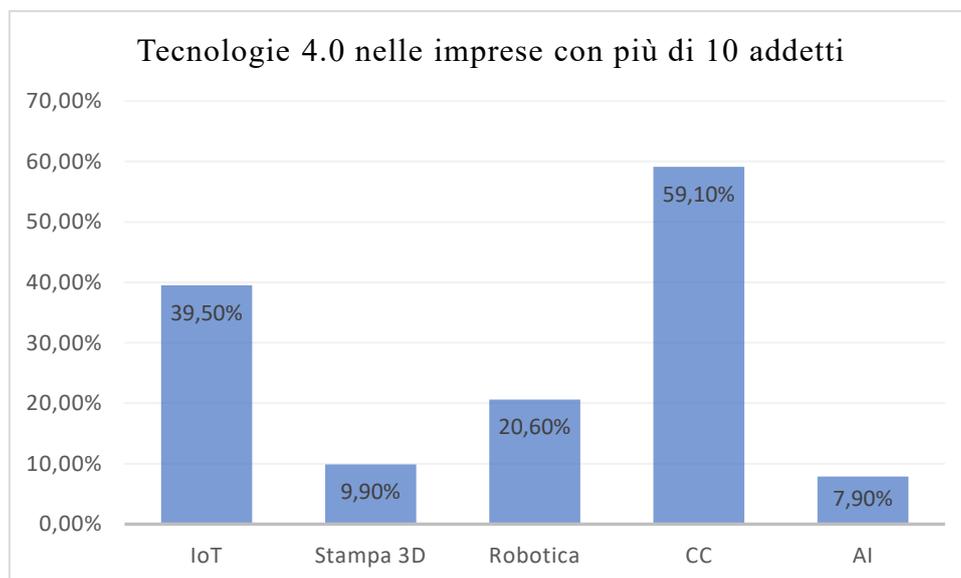


Grafico 2.1 Fonte dati: Istat, 2020.

- Il 39,5% delle imprese manifatturiere utilizza tecnologie **IoT**, dato che scende al 9% tra le PMI (Crisantemi 2021). L'applicazione di IoT è maggiore nell'industria alimentare (53,9%) ed elettronica (55,9%) (Istat, 2020).
- Solamente il 9,9% delle imprese manifatturiere utilizza **stampa 3D**, tecnologia che però va considerata come industry-specific ed infatti, a fronte di un utilizzo inferiore al 3% in settori come alimentare e tessile, nella fabbricazione di computer e prodotti elettronici il tasso di adozione è del 40% (Istat, 2020).
- Il 20,6% utilizza **robot** (il 17,4% usa robot industriali, il 5,6% robot di servizio), dato che sale al 28,4% nella metallurgia e scende al 10,2% per quanto riguarda il settore tessile e dell'abbigliamento (Istat, 2020).

⁹ La rilevazione è campionaria, con una numerosità di 30000 unità, per le imprese aventi un numero di addetti compreso tra 10 e 249 e censuaria per le imprese con almeno 250 addetti (Istat, 2020).

- Il 59,1% delle imprese manifatturiere ha acquistato almeno un servizio di **Cloud Computing** che, come già detto, è una tecnologia fondamentale per la creazione di un CPS, assieme ad IoT e ad AI, che è stata adottata dal 7,9%¹⁰ delle imprese, dato che sale al 26,3% per le imprese con più di 500 addetti (Report Istat, 2020) (Istat, 2020).

L'adozione di tecnologie 4.0 nelle imprese Italiane varia inoltre in base all'area geografica di provenienza delle imprese: al Nord-Ovest il grado di maturità digitale delle imprese è del 4,7%, al Nord-Est è del 3,9%, al Centro e nel Mezzogiorno scende al 3,2% e 2,8% (Censimenti Istat, 2020).

Per quanto riguarda invece l'adozione delle singole tecnologie 4.0 nelle imprese¹¹, come si può vedere dal *Grafico 2.2*:

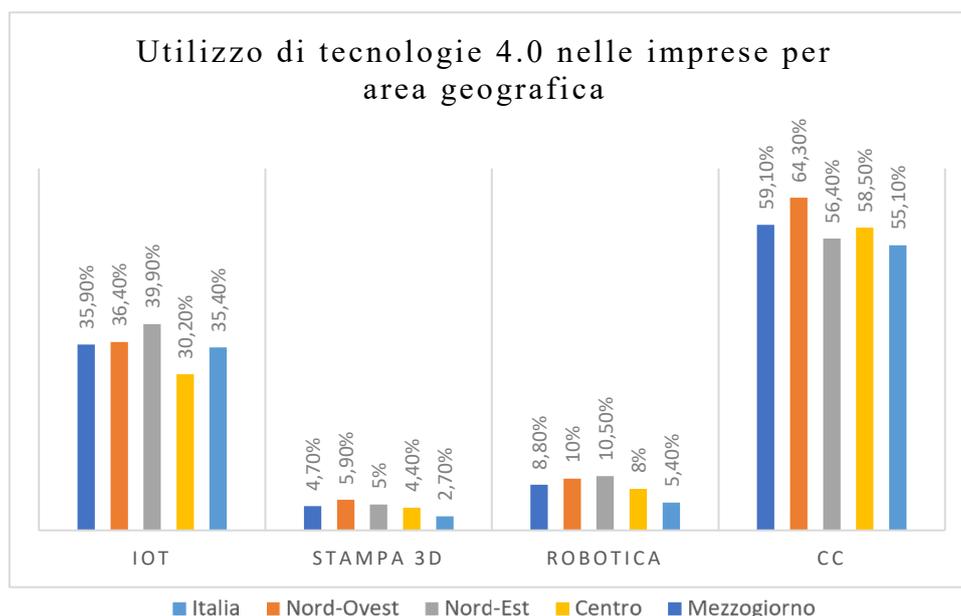


Grafico 2.2 Fonte dati: Istat, 2020.

- **IoT** ha una maggior diffusione nelle imprese del NE (39,9%), ed è meno utilizzata al Centro (30,2%).
- L'utilizzo di **stampanti 3D**, generalmente poco diffuso in Italia (4,7%), è molto basso nelle imprese del Mezzogiorno (2,7%).
- La **robotica** viene maggiormente adottata nelle imprese del Nord (10%) rispetto a quelle del Mezzogiorno (5,4%).
- I servizi di **Cloud Computing**, ampiamente diffusi nelle imprese italiane (59,1%), sono acquistati in misura maggiore al NO (64,3%) che al NE (56,4%) e nel Mezzogiorno (55,1%).

¹⁰ Il dato è riferito alle sole PMI e all'anno 2019 (Report Istat, 2020).

¹¹ In questo caso i dati Istat si riferiscono a tutte le imprese, manifatturiere e non, con più di 10 addetti.

2.4 Conclusioni

È ormai indubbio che gli investimenti in tecnologie 4.0 in ambito produttivo possano portare alle imprese grandi vantaggi in termini di efficienza, produttività, automazione e controllo ma è altrettanto evidente come ad oggi molte imprese manifatturiere italiane, in particolare le PMI, spesso non siano in grado di cogliere queste opportunità di investimento e crescita, sia per questioni finanziarie che culturali ed organizzative (Tunisini *et al*, 2019).

CAPITOLO 3:

CASO SIRMAX: PROGETTI DI TRASFORMAZIONE DIGITALE NEL REPARTO OPERATIONS¹²

3.1 Introduzione

Sirmax S.p.A. è una multinazionale leader nell'Industry della plastica, produttore di polipropilene compound e di tecnopolimeri per i settori automotive, elettrodomestico, elettronica, power tools e per tutti i settori di impiego. Sirmax, grazie a recenti investimenti ed acquisizioni (2019-2020), è inoltre produttore di compound compostabile (acquisizione di MICROTEC), e di elastomeri termoplastici (apertura stabilimento di Kutno) e si occupa anche di trattamento e rigenerazione di materie plastiche derivanti da post-consumo (acquisizione SER e apertura stabilimento Ser North America). La produzione di Sirmax è oggi dislocata in 13 stabilimenti produttivi, sei in Italia (tra i quali va citata la sede del gruppo situata a Cittadella), due in Polonia, due in Indiana (USA), uno in Brasile e due in India, in cui sono quotidianamente impiegate più di 700 persone. Il fatturato del gruppo, in costante aumento, potrebbe superare i 400 milioni di euro nel 2021.

In questo contesto si inserisce la volontà di Sirmax di avviare un percorso di trasformazione digitale, attraverso la definizione di un programma di cambiamenti con l'obiettivo di sfruttare l'implementazione di strumenti digitali per migliorare il business di tutta l'azienda, coinvolgendo persone, processi e tecnologie. In particolare, la necessità di Sirmax è quella di integrare negli stabilimenti produttivi applicazioni e tecnologie digitali per la realizzazione di un sistema cyber-fisico, ovvero un sistema integrato di oggetti, processi fisici e sistemi digitali, al fine di consentire un'efficace misurazione dei dati e controllo del processo stesso (Bottari, 2020).

3.2 Progetti di trasformazione digitale implementati e in corso di implementazione

Nel seguente paragrafo saranno descritti alcuni tra i molteplici progetti formulati e implementati da Sirmax nel reparto operations (riassunti in *Tabella 3.1*), in un percorso di trasformazione digitale che è stato reso possibile grazie alla collaborazione con il partner Considi, e tramite lo sviluppo della funzione Operational Excellence (*Figura 3.1*), attraverso l'assunzione di giovani ingegneri dell'automazione, elettronici e gestionali.

¹² La redazione del seguente capitolo è basata principalmente su documenti riservati, forniti da Sirmax durante l'attività di stage svolta tra Aprile e Giugno 2021. I documenti utilizzati sono frutto del lavoro svolto in questi anni da Sirmax, in collaborazione con il partner Considi, società leader nella consulenza direzionale in ambito operation e innovation management, consulente di Sirmax per i progetti di trasformazione digitale e non solo.

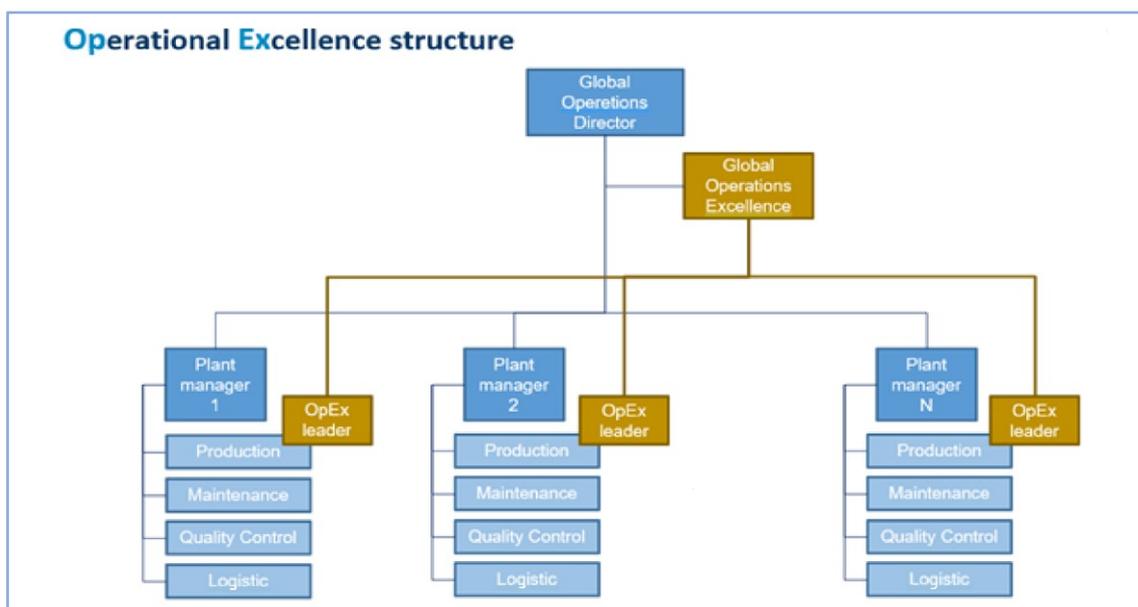


Figura 3.1 Struttura della funzione Operational Excellence all'interno del gruppo Sirmax.

AREA/ FINALITÀ	PROGETTI	DESCRIZIONE SINTETICA	PRINCIPALI BENEFICI	ANNO
Digitalizzazione e condivisione <i>real time</i> di informazioni e dati	Bitlam	MES utilizzato per la raccolta e la rappresentazione in tempo reale di dati e statistiche provenienti dalla sensoristica di processo	- Visualizzazione <i>real time</i> di dati e informazioni sulle linee di produzione di tutti gli stabilimenti - Motivazione degli operatori al miglioramento continuo	2018
	Saturazione <i>real time</i> dei magazzini	Utilizzo dell'applicazione <i>Qlikview</i> per monitorare il grado di riempimento dei magazzini	- Visualizzazione grafica e intuitiva dei dati - Facile individuazione delle criticità	2019
	Gestione magazzino e produzione	Utilizzo di terminali BSP e QR code per tracciare e rendicontare l'ubicazione e gli spostamenti dei materiali	- Inventariali - Organizzativi - Efficientamento nell'uso dei materiali	2016
Gestione della manutenzione	Gestione della manutenzione e stock di ricambi	Implementazione del modulo SAP PM per la standardizzazione delle attività di manutenzione	- Possibilità di programmare una manutenzione preventiva - Raccolta di informazioni e tracciamento dei guasti e delle attività ricorrenti - Riduzione stock di ricambi	2020
Controllo del processo e installazione di sensoristica evoluta	Colonnine di allarme	Tecnologia in comunicazione con i sensori di linea che permette una segnalazione tempestiva dei malfunzionamenti	- Riduzione dei tempi di fermo - Minor scarto di materiale	2018
	Sensori di controllo rottura spaghetti	Sensori in comunicazione con le colonnine di allarme per la segnalazione della rottura degli spaghetti di materiale plastico	- Riduzione rischi di danneggiamento della linea - Minor scarto di materiale	2020 - in corso
	Controllo associazione estrusori-silos	Installazione di Micron di segnalazione sui tubi che inviano il prodotto finito ai silos	- Riduzione rischio di inquinamento di interi silos di materiale	2020
	Accelerometro su riduttore linea	Strumento di analisi delle vibrazioni per l'individuazione di componenti usurate del riduttore	- Manutenzione predittiva - Riduzione costi	2021 - in corso
	Termocamere a infrarossi	Tecnologia utilizzata per l'individuazione di malfunzionamenti tramite misurazione di temperature puntuali	- Manutenzione preventiva e diagnosi precoce - Riduzione dei fermi di produzione per guasto	2020

Tabella 3.1 Principali progetti implementati da Sirmax nel reparto operations.

NB: L'ordine con cui saranno descritti i progetti è stato scelto, da un lato, in base all'importanza dell'area/finalità di appartenenza e, dall'altro, al fine di garantire un'adeguata chiarezza espositiva.

3.2.1 Digitalizzazione e condivisione real time di informazioni e dati **Bitlam, Manufacturing Execution System**

Bitlam è il software di Manufacturing Execution System (MES) implementato da Sirmax per seguire in tempo reale l'andamento delle linee dei vari plant produttivi e per registrare ed elaborare tutti gli eventi, i dati e le statistiche provenienti dagli impianti, i quali vengono raccolti, tramite l'impiego di sensoristica di processo e attraverso l'integrazione di Bitlam e SAP (software gestionale usato da Sirmax per la gestione dell'area operations ed altre funzioni nonché per l'archiviazione dei dati), e resi disponibili per un'adeguata analisi da parte dell'ufficio operations, in cui saranno utilizzati come base per lo sviluppo delle proposte di miglioramento ed efficientamento della produzione. Il vantaggio derivante dall'utilizzo del MES consiste nella possibilità di rappresentare i dati in una forma molto visual, attraverso l'uso di immagini e colori, che ne rende possibile una facile e veloce interpretazione da parte delle operations e degli operatori di linea.

Bitlam è composto da diverse schermate che forniscono molteplici informazioni; un esempio è rappresentato in *Figura 3.2*. I vari utenti aziendali hanno accesso solo ad alcune schermate del software, in modo che sia possibile vedere e agire solo su informazioni e dati di propria pertinenza.

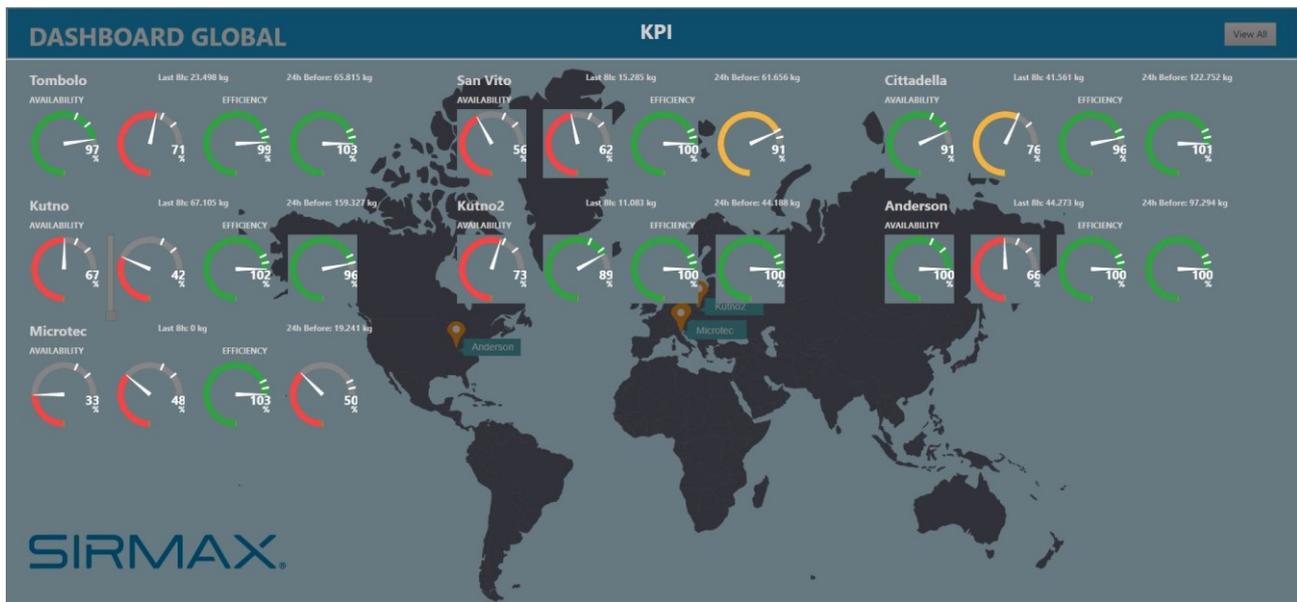


Figura 3.2 Dashboard globale. Nella lettura dei valori si deve considerare che, da fine 2020, i dati riguardanti availability sono condizionati da fermi macchina causati dalla mancanza di materie prime a livello globale.

Tra le schermate più rilevanti di Bitlam possono essere citate:

- **Schermata Home:** rappresenta la situazione attuale delle linee di produzione, definendo quali linee sono in lavorazione e quali sono in fermo, in pausa o non attive, nonché un riassunto, a livello complessivo di stabilimento, dei dati descritti poi in dettaglio nella dashboard di stabilimento.

- **Dashboard globale:** fornisce indicatori aggiornati in tempo reale e storici di efficienza (espressa come il rapporto tra materiale prodotto e potenzialmente producibile) e availability (disponibilità, espressa in percentuale di tempo effettivo di lavoro dell'impianto rispetto al tempo disponibile) di tutti gli stabilimenti produttivi.
- **Dashboard di stabilimento:** fornisce dati riguardanti efficienza e availability, kg estrusi e pianificati (da produrre), portata reale (in kg/h) e teorica dello stabilimento e delle singole linee. I dati sono sia disponibili in tempo reale, con un'istantanea delle ultime 8/24 ore, sia registrati come storico, per la raccolta di statistiche.
- **Report di produzione:** è la schermata più importante per creare statistiche sui turni produttivi. Il report presenta in modo visual, utilizzando diversi colori, i vari eventi accaduti ed in corso in ogni linea, definendo il tipo di evento (fermo, set up, lavorazione), la durata e, in caso di fermo, ne descrive le cause. Il report inoltre utilizza queste informazioni per elaborare grafici percentuali e tabelle che riassumono gli eventi avvenuti, in particolare fermi e set up, indicandone la durata in termini percentuali.
- **Lotto polimeri consuntivo:** definisce l'orario di inizio e fine degli ordini di produzione completati, in corso e programmati per ciascuna linea, i codici delle partite e i materiali utilizzati. È possibile inoltre visualizzare la portata media reale delle linee e confrontarla con la portata standard, definita dall'R&D, nonché i dati riguardanti i dosatori delle linee, che indicano sia la quantità assoluta di materiale versato sia la percentuale rispetto al totale, che dovrebbe combaciare con quella impostata da ricetta.
- **Eventi per linea:** evidenzia gli eventi che ciascun estrusore ha registrato (inizio, set up, fermi) e indica se i fermi sono stati controllati o meno. La commessa di produzione infatti si chiude solo quando la produzione è terminata e tutti gli eventi, in particolare i fermi, sono stati adeguatamente controllati e valutati.

L'utilizzo del MES Bitlam ha permesso inoltre a Sirmax di installare dei monitor di linea che permettono agli operatori di produzione di visualizzare in tempo reale informazioni riguardanti la propria linea e di comunicare al sistema eventuali eventi accaduti in produzione, specificandone le cause. Anche i monitor di linea presentano diverse schermate che indicano:

- Stato di avanzamento della campagna
- Fermi e causali
- Ricetta, che descrive i materiali da usare nella produzione e le quantità
- Dosatori: quali sono attivi, cosa e quanto stanno dosando
- Foglio commesse, che indica i lotti di produzione da avviare
- Eventi: storico degli eventi accaduti nella produzione

- Statistiche: riguardano la stima della data di fine della campagna, i tempi di produzione e set up, disponibilità ed efficienza, kg estrusi e da estrarre, nonché le 3 principali causali di fermo.

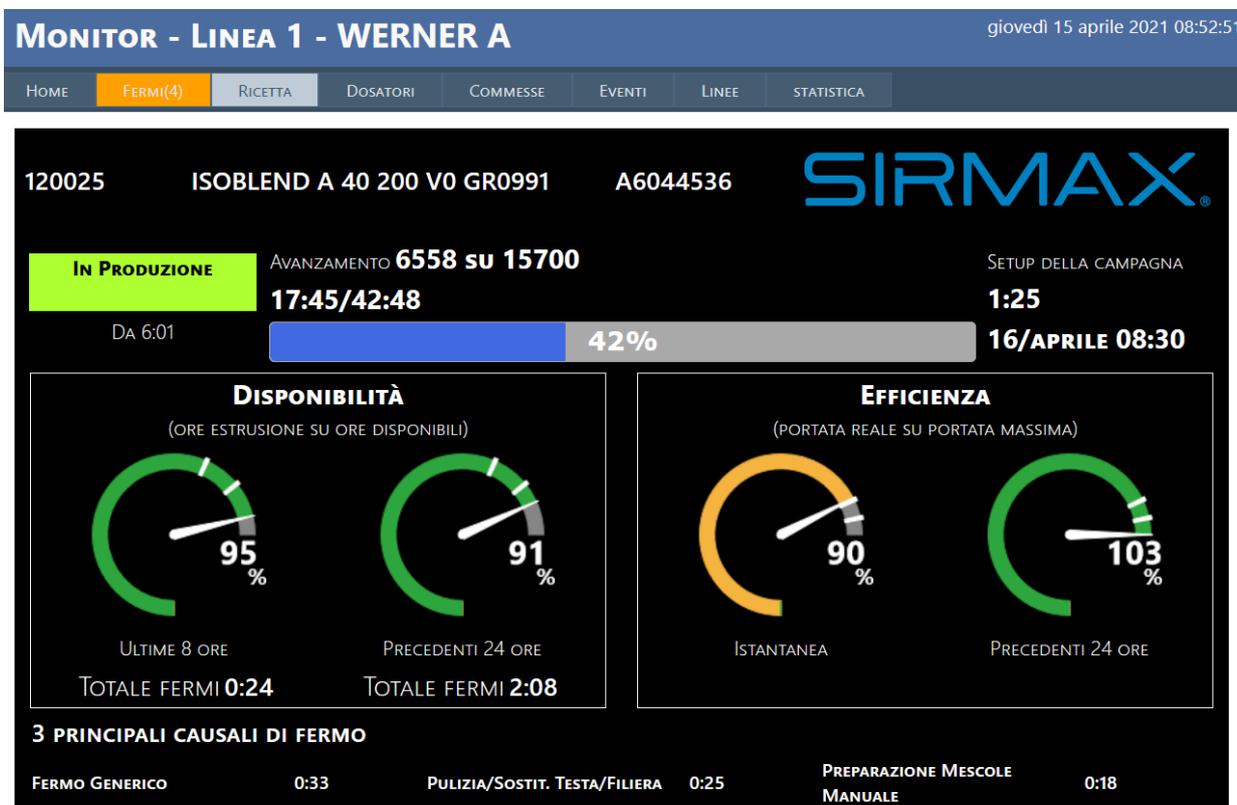


Figura 3.3 Schermata statistiche del monitor di linea 1 (Stabilimento di Cittadella).

NB: l'efficienza può superare il 100% se la macchina lavora ad una portata superiore rispetto a quella prevista dall'R&D.

I principali benefici derivati dall'installazione dei monitor di linea riguardano da un lato la possibilità di registrare in maniera semplice e veloce tutte le cause che hanno portato a fermi di linea e, da un altro, l'opportunità di motivare gli operatori al miglioramento continuo del processo, ad esempio attraverso la riduzione dei tempi di set up e fermo, grazie alla possibilità di far visualizzare in tempo reale e con grafiche molto intuitive il livello di efficienza e disponibilità attuale processo, come si può vedere da *Figura 3.3*.

Saturazione real time dei magazzini

In passato la logistica, per controllare la saturazione dei magazzini, si serviva unicamente dell'ERP SAP, il quale tracciava le transazioni di magazzino e permetteva di individuare l'ubicazione e gli spostamenti di materie prime, semilavorati e prodotti finiti ma, allo stesso tempo, non riusciva a fornire informazioni dettagliate riguardo la quantità stoccata di ciascun materiale (in termini di Kg o di numero di pallet) presente in una determinata area del magazzino. Era quindi necessario effettuare un conteggio manuale.

Ora, grazie all'utilizzo di Qlikview, applicazione integrata e in comunicazione con SAP, è stato creato un report che permette alla logistica di monitorare in tempo reale la saturazione dei magazzini, interni ed esterni, di ciascun plant. Il report definisce per ogni magazzino i kg stoccati e stoccabili e fornisce informazioni per ciascuna fila di ogni magazzino, indicando il numero di pallet presenti nella fila e le file libere.

Il report consente inoltre una rappresentazione grafica di tutte queste informazioni, attraverso l'elaborazione di piantine colorate che descrivono il livello di riempimento dei vari magazzini. In particolare, come si può vedere da *Figura 3.4*, un coloramento blu sta indicare un magazzino libero, il verde un riempimento normale, mentre il rosso segnala situazioni di riempimento critiche (il giallo indica il valore complementare per arrivare a 100%). La logistica può quindi servirsi di queste informazioni e rappresentazioni per individuare eventuali criticità ed evitare riempimenti eccessivi (>100%).



Figura 3.4 Rappresentazione grafica del grado di riempimento dei magazzini nello stabilimento di Cittadella.

Gestione magazzino e produzione tramite terminali BSP

In Sirmax si è deciso di tracciare e rendicontare qualsiasi spostamento e utilizzo di materiali in produzione con un sistema di codici QR. I codici sono presenti su etichette affisse in ogni unità di materiale presente in magazzino e possono essere letti e generati tramite l'utilizzo di terminali BSP (device di produzione, un esempio è rappresentato in *Figura 3.5*) forniti alla logistica e a ciascun operatore in produzione. Ogni materiale consegnato in Sirmax viene etichettato e, da quel momento, inizia ad essere tracciato automaticamente dal software SAP, interconnesso con i BSP.

Questo sistema permette da un lato di individuare l'ubicazione nel magazzino dei singoli materiali, a partire dai codici in SAP, dall'altro, attraverso la lettura delle etichette con i BSP, di fornire agli operatori informazioni sul contenuto di ciascun pallet. Le etichette inoltre possono essere riaggornate in caso di spostamento del materiale o di variazione della quantità stoccata, sempre in comunicazione automatica con SAP.

In fase di lavorazione, tutti i materiali presenti nell'ordine di produzione vengono registrati e associati alla linea indicata (tramite BSP), in modo da poter monitorare e rilevare i consumi e, in comunicazione con il MES Bitlam, definire la quantità corrispondente di prodotto finito, che verrà poi etichettato e tracciato fino al momento della spedizione.



Figura 3.5 Operatore legge un ordine di produzione utilizzando un terminale BSP.

In conclusione, si può dire che un elevato tracciamento dei flussi di materiali in ambito di logistica e produzione permette di generare una serie di vantaggi:

- **Inventariali:** in ogni momento è possibile conoscere le quantità di ogni materiale (materie prime, imballi e prodotti finiti) presente in azienda.
- **Organizzativi:** possibilità di analisi dei movimenti e delle quantità utilizzate di materiali per una migliore gestione del magazzino (in ottica di riduzione delle scorte) e degli ordini d'acquisto.
- Possibilità di **storicizzazione degli eventi**, molto utile in caso di contestazioni/reclami da parte dei clienti.
- **Individuazione degli errori** per apportare eventuali miglioramenti (efficientamento).

3.2.2 Gestione della manutenzione

Modulo di gestione della manutenzione e stock di ricambi SAP PM

Sirmax, negli ultimi anni, ha rivoluzionato la gestione della manutenzione che storicamente era stata affidata essenzialmente all'esperienza dei manutentori, i quali compilavano schede giornaliere (cartacee) per la registrazione delle attività di manutenzione ordinaria o, in caso di malfunzionamenti improvvisi, agivano su input degli operatori di linea. Una prima fase di trasformazione digitale è iniziata tramite il progetto Total Productive Maintenance, che ha portato all'inserimento dei report cartacei nei database aziendali, per poter calcolare delle statistiche finalizzate ad identificare le attività primarie di manutenzione, individuando così le attività ricorrenti e rendendo possibile una pianificazione più precisa delle attività di manutenzione settimanali nonché di individuare criticità in alcune componenti particolarmente soggette a guasti.

Uno sviluppo successivo ha portato poi all'implementazione del modulo di gestione della manutenzione SAP PM (Plant Maintenance). Questo sistema di manutenzione permette di generare automaticamente una lista di attività che, tramite tablet e pc, possono essere visualizzate in tempo reale dai manutentori e dalle operations, nonché di raccogliere tutte le informazioni riguardanti la manutenzione, filtrate e ordinate per plant produttivo, range di date, tipo di ordine di manutenzione (elettrico, meccanico, generico) e priorità, al fine di consentire una gestione e un monitoraggio in tempo reale di tutte le attività.

Il modulo di gestione della manutenzione di SAP svolge attualmente tre attività principali: avvisi di manutenzione, ordini diretti di manutenzione all'operatore e gestione del magazzino ricambi.

1. **Avvisi di manutenzione:** attraverso il portale qualsiasi utente può segnalare, in tempo reale, all'ufficio manutenzione, qualsiasi tipo di malfunzionamento, definendo la sede tecnica della linea in cui è avvenuto, il tipo di malfunzionamento, l'urgenza, una breve descrizione, l'orario di malfunzionamento ed eventualmente allegare foto. L'ufficio manutenzione riceve gli avvisi di manutenzione e può creare un ordine di manutenzione o modificare la segnalazione valutando se sia necessario o meno avviare l'ordine.
2. **Ordini di manutenzione:** in SAP PM sono descritti il riepilogo dei vari ordini di manutenzione e le operazioni da eseguire, sono inseriti documenti, come descrizioni e foto di come e dove svolgere la manutenzione, e vengono riportati dai manutentori i ricambi utilizzati per svolgere la manutenzione.

Gli ordini possono essere creati direttamente dal manutentore (in caso di manutenzione straordinaria) o da avviso di manutenzione dopo opportuna elaborazione in SAP da parte dell'ufficio manutenzione.

Oggi quindi il manutentore può vedere dal tablet tutti gli ordini da eseguire, la data pianificata, la zona di intervento e lo stato dell'ordine (Il software utilizza colori diversi per segnalare gli ordini scaduti, ovvero in ritardo rispetto alla pianificazione, in scadenza e pianificati). Il manutentore può decidere di avviare un particolare ordine, così da segnalarne ai colleghi la presa in carico, e di sospenderlo, segnalandone la conclusione o meno, inserendo anche note o foto del dettaglio di lavorazione. Tutte le attività sono quindi interconnesse tra i vari operatori: l'importanza di questa innovazione consiste anche nel rendere possibile la tracciabilità degli ordini, per sapere chi e quando ha svolto un determinato intervento.



Figura 3.6 Il manutentore si serve del tablet per individuare le varie azioni da svolgere durante il fermo macchina.

3. **Gestione ricambi:** Ad ogni ricambio presente nel magazzino di manutenzione viene assegnato un QR code che lo identifica e ne definisce la categoria di appartenenza: nuovo, usato o rigenerato. I movimenti del magazzino ricambi vengono quindi tracciati sul portale SAP PM tramite lettura da tablet del QR del ricambio da utilizzare o depositare. Nel portale è inoltre possibile inserire lotti di riordino e stock di sicurezza, in modo che, al di sotto di una certa quantità di ricambi, possa partire una domanda automatica di riacquisto di quantità predefinite.

In un'ottica Lean, l'obiettivo di Sirmax per il futuro sarà di implementare l'uso di SAP PM anche agli operatori di linea, tramite l'utilizzo di tablet di linea o smartwatch, in modo da far svolgere direttamente agli operatori le attività di manutenzione di base (Autonomous Maintenance), senza dover necessitare dell'intervento del manutentore per qualsiasi problema, sottraendolo alle attività di manutenzione programmata.

3.2.3 Controllo del processo e installazione di sensoristica evoluta **Colonnine di allarme**

Nelle linee produttive è presente un sistema di sensori che monitora il verificarsi di condizioni straordinarie, rispetto alle normali condizioni di produzione come, ad esempio, una temperatura troppo elevata del materiale in uscita dalla filiera, rilevata tramite sensori IR. Al verificarsi di una particolare condizione, sintomo di un possibile malfunzionamento, il sensore interessato invia un segnale alla colonnina di linea, che accende una luce colorata ed emette un allarme sonoro. Ciascuna luce colorata sta ad indicare un determinato evento in corso, in una zona ben definita dell'estrusore:

- Rosso: indica la rottura degli spaghetti (tema che sarà approfondito successivamente)
- Giallo: problema di degasaggio
- Blu: allarme ai dosatori di materiale
- Verde: allarme del Piovan (mixer del colore)
- Bianco: problema alla pompa del perossido liquido
- Tutte le luci accese contemporaneamente: errato check estrusori-silos interni (tema che sarà approfondito successivamente)

L'utilizzo di colonnine di linea, in comunicazione con i vari sensori, permette all'operatore di capire immediatamente quale possibile problema ci sia e in che zona si stia verificando, riducendo il tempo di identificazione dei malfunzionamenti e aumentando così l'efficienza, in termini di riduzione del tempo di fermo macchina e di minor scarto di materiale.

Va considerato infatti che un estrusore, lavorando ad esempio ad una portata di 1500 kg/h, può generare 25 kg di scarto di materiale in un minuto e può produrre in brevissimo tempo una completa non conformità del silo di destinazione. Per questo è stata quindi fondamentale l'implementazione di un sistema che permettesse una tempestiva individuazione di eventuali problemi.

Sensori di controllo rottura spaghetti

In Sirmax sono in via di sperimentazione in alcune linee, per un'implementazione futura in tutti gli impianti, due tipi di sensori di controllo rottura degli spaghetti di materiale plastico:

- **Sensori a fibra ottica:** in caso di rottura di uno o più spaghetti (una macchina può estrarre anche 20 spaghetti contemporaneamente) inviano un segnale di allarme alla colonnina di linea.
- **Sensori meccanici di prossimità:** in caso di riduzione di velocità o fermata del rullo su cui dovrebbero scorrere gli spaghetti, ne viene segnalata la rottura completa (di tutti o almeno di buona parte).

I due sensori possono essere utilizzati in maniera combinata per segnalare diverse casistiche di rottura, come riassunto dalla *Tabella 3.2*:

Sensore fibra ottica (uscita filiera) - attivato da operatore -	Sensore meccanico (rullo) - sempre attivo -	Casistica
Rottura spago	Ok (gira)	Rottura solo di alcuni spaghi, da riagganciare agli spaghi in corsa
Rottura spago	Bloccato (non gira)	Rottura di tutti gli spaghi (accidentale o fatta dall'operatore)
Ok (spaghi interi)	Ok (gira)	Status normale "in produzione"
Ok (spaghi interi)	Bloccato (non gira)	Possibile malfunzionamento del rullo o del relativo sensore

Tabella 3.2

L'implementazione di questi sensori, in comunicazione con le colonnine di allarme, permetterà una maggior efficienza nella segnalazione del problema all'operatore, che potrà intervenire tempestivamente, riducendo così lo scarto di materiale e il rischio di danneggiamento di alcuni componenti della linea. Lo step successivo sarà poi quello di automatizzare il fermo dell'estrusore in caso di rottura di un elevato numero spaghetti.



Figura 3.7 Sensore a fibra ottica (laser rosso perpendicolare agli spaghetti).

Associazione estrusori-silos interni e associazione silos interni-silos esterni

Nei plant di Sirmax, in cui vengono prodotte diverse commesse nello stesso momento, è presente un elevato rischio di inquinamento di interi silos di materiale. Per questo motivo non ci si può basare sulla discrezionalità e sulla memoria degli operatori per la scelta del silo di destinazione del materiale estruso, poiché un minimo errore causerebbe la non conformità dell'intero silo.

Perciò si è deciso di installare dei Micron di segnalazione sui tubi che inviano il prodotto finito ai silos: questi apparecchi elettronici permettono il check tra partita in produzione sull'estrusore e silo di destinazione, a cui viene associato dal sistema di trasporti di materiale una label, corrispondente alla partita. Quando la partita in macchina e il silo di destinazione non coincidono, il micron nota la non corrispondenza, non effettua il check e attiva un allarme sulle colonnine, che indica all'operatore l'errata associazione, consentendogli di correggere l'errore prima che il materiale cominci a fluire. Un sistema simile è stato replicato per il trasferimento del materiale dai silos interni ai silos esterni, dai quali il materiale viene caricato nelle autocisterne, per i quali il check non viene effettuato sulla

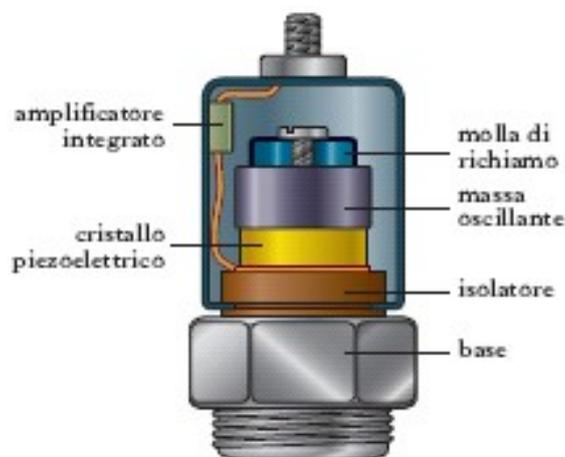
partita, come avviene all'interno, ma sul codice del materiale, poiché un silo esterno viene riempito da più silos interni.

L'implementazione di questo sistema permette quindi di evitare l'entrata di materiale in un silo errato, sporco o con altro materiale, generando non conformità che possono generare elevati costi e sprechi di materiale e tempo.

Accelerometro su riduttore linea

Il riduttore di linea è una delle componenti più importanti e costose della linea di produzione ed è quindi fondamentale evitarne la rottura attraverso adeguate manutenzioni. Ad oggi la manutenzione avviene al superamento di un determinato numero di ore di lavoro del riduttore, utilizzando quindi un metodo preventivo che evita qualsiasi tipologia di problema ma che richiede un elevato numero di manutenzioni e, di conseguenza, maggiori costi.

Volendo sfruttare le crescenti conoscenze di analisi delle vibrazioni, in Sirmax si è deciso di effettuare uno studio sulle vibrazioni dei riduttori che permette di individuare precocemente un decadimento per usura dei componenti del riduttore. Sono stati quindi acquistati e saranno installati, entro Luglio 2021, sulle pareti esterne dei riduttori, degli Accelerometri Piezoelettrici che, se supportati da un'adeguata capacità di analisi vibrazionale, potranno portare ad ottimi risultati in termini di manutenzione predittiva, tramite la raccolta dei dati delle vibrazioni e l'opportuna elaborazione. Non è stato ancora definito se l'analisi delle vibrazioni sostituirà il metodo del conteggio ore, ma in ogni caso i dati raccolti dagli accelerometri saranno di supporto alle operations per la valutazione dello stato di salute dei riduttori.



*Figura 3.8 Accelerometro Piezoelettrico.
Fonte: Treccani.*

Termocamera a infrarossi

In un'ottica di manutenzione preventiva e diagnostica precoce, Sirmax ha acquistato e reso disponibili nei plant produttivi termocamere a infrarossi, utilizzate per anticipare futuri guasti ed individuare malfunzionamenti. Le termocamere possono essere usate dai manutentori per misurare puntualmente e precisamente la temperatura di componenti di motori, trasformatori, riduttori o quadri elettrici. Una temperatura al di sopra di un valore standard (ad esempio 80° per interruttori elettrici) è spesso sintomo di un malfunzionamento e di un probabile guasto imminente. L'utilizzo di questa tecnologia permette quindi di individuare e sostituire componenti in procinto di guasto, evitando così ingenti danni economici dovuti a fermi di produzione non programmati.

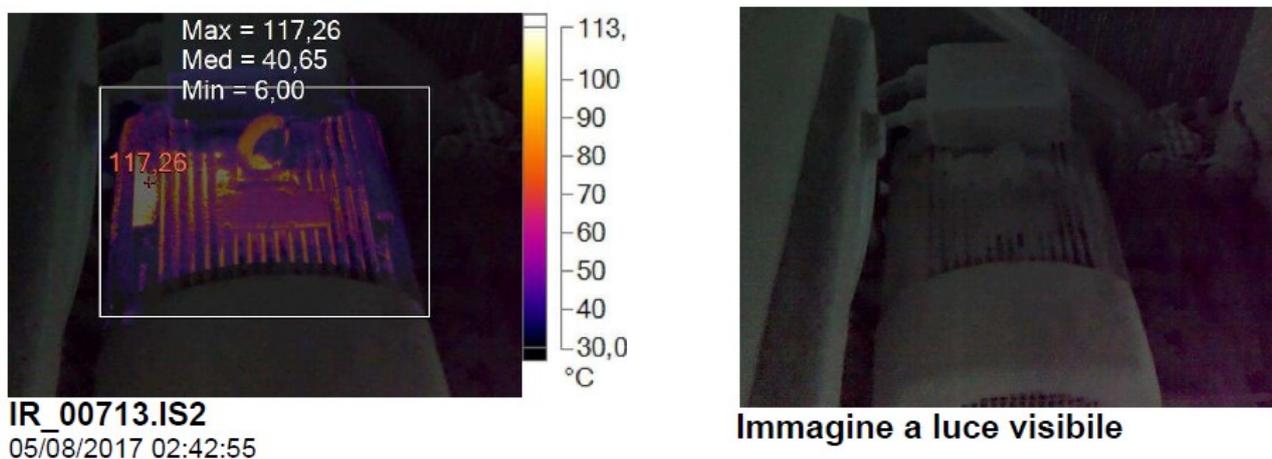


Figura 3.8 In foto un motore di un filtro a maniche con una zona a temperatura elevata, che non sarebbe stata possibile vedere a occhio nudo.

3.3 Conclusioni

Il percorso di trasformazione digitale intrapreso da Sirmax ha permesso e sta permettendo all'azienda di raggiungere considerevoli obiettivi in termini di aumento della qualità dei prodotti e del livello di efficienza degli impianti, attraverso la diminuzione degli errori e il controllo in tempo reale dei parametri di processo. È stato inoltre possibile raggiungere una maggior ottimizzazione delle risorse economiche, tramite un miglior impiego di materie prime in produzione e una gestione più efficiente del magazzino, nonché l'ottimizzazione del tempo delle risorse umane, attraverso una gestione più veloce delle informazioni e la formalizzazione dell'esperienza, rendendone più facile la condivisione. L'obiettivo futuro di Sirmax, terminato questo primo percorso di trasformazione, sarà quello di raggiungere un livello di integrazione del CPS ancora superiore, che prevederà l'adattabilità dei sistemi, ai quali sarà possibile delegare progressivamente determinate decisioni produttive come, ad esempio, scelte di materiali o settaggio di parametri macchina.

BIBLIOGRAFIA

Libri e articoli scientifici

Culot, G. *et al.*, 2020. *Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions*. International Journal of Production Economics, 226, 107617

Dalenogare, L. S. *et al.*, 2018. *The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance* International Journal of Production Economics, Volume 204, 383-394

Fraga-Lamas, P. *et al.*, 2018. *A Review on Industrial Augmented Reality Systems for the Industry 4.0 Shipyard*, IEEE Access, vol. 6, 13358-13375

Frank, A. G., Dalenogare, L. S. & Ayala, N. F., 2019. *Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies*. International Journal of Production Economics, 210, 15-26

Frank, A. G. *et al.*, 2019. *Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective*. Technological Forecasting and Social Change, Volume 141

Györy, A. *et al.*, 2012. *Exploring the shadows: IT governance approaches to user-driven innovation*. ECIS 2012 Proceedings, 222.

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

Johnson, G. *et al.*, 2017. *Strategia, orientare organizzazioni e imprese in un mondo che cambia*. Undicesima ed. Pearson, Cap 10

Kotler, P. *et al.*, 2014. *Principi di marketing*. Diciassettesima ed. Pearson, Cap 2, 7

Lasi, H. *et al.*, 2014. *Industry 4.0*. Bus Inf Syst Eng 6, 239–242

Legner, C. *et al.*, 2017. *Digitalization: Opportunity and Challenge for the Business and Information Systems Engineering Community*. Business & Information Systems Engineering Eng 59, 301–308

Li, Y., Dai, J. & Cui L., 2020. *The impact of digital technologies on economic and environmental performance in the context of industry 4.0: A moderated mediation model*. International Journal of Production Economics, Volume 229

Matsukawa, H., Minner, S. & Nakashima, K., 2020. *Editorial: Industry 4.0 and Production Economics*. International Journal of Production Economics, Volume 226, 107666

Matt, C., Hess, T. & Benlian, A., 2015. *Digital Transformation Strategies*. Business & Information Systems Engineering 57, 339–343

Mell, P., Grance, T., 2011. *The NIST Definition of Cloud Computing*. NIST, Special Publication 800-145

Neuhofer, B., Buhalis, D. & Ladkin, A., 2015. *Smart technologies for personalized experiences: a case study in the hospitality domain*. Electron Markets 25, 243–254

Oztemel, E., Gursev, S., 2020. *Literature review of Industry 4.0 and related technologies*. Journal of Intelligent Manufacturing, 1-56

Paelke, V., 2014. *Augmented reality in the smart factory: Supporting workers in an industry 4.0 environment*. Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation (ETFA), 1-4

Ranjan, J., Foropon, C., 2020. *Big Data Analytics in Building the Competitive Intelligence of Organizations*. International Journal of Information Management, Volume 56, 102231

Slack, N., Brandon-Jones, A. & Johnson, R., 2016. *Operations Management*. Ottava ed. Pearson, Cap 8, 252-256

Tunisini, A., Pencarelli, T. & Ferrucci L., 2019. *Economia e management delle imprese, strategie e strumenti per la competitività e la gestione aziendale*. Prima ed. Hoepli, Cap 2-3

Villani, V. et al., 2018. *Survey on human-robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications*. Mechatronics, Volume 55

Wamba, S. F. et al., 2016. *Data analytics and firm performance: Effects of dynamic capabilities*. Journal of Business Research, Volume 70, 356-365

Sitografia¹³, report di ricerca e fonti giornalistiche

Anitec-Assinform, 2020. *Il digitale in Italia 2020*, Volume 1. Disponibile su:

<https://www.anitecassinform.it/kdocs/1981725/il_digitale_in_italia_2020_vol_i.pdf>

Anon., 2020. *Digitalizzazione e tecnologia nelle imprese italiane*. ISTAT, censimenti permanenti delle imprese. Disponibile su:

<https://www.istat.it/it/files//2020/08/REPORT_DIGITALIZZAZIONE_CENSIMPRESE_PC.pdf>

¹³ Data ultima consultazione: 15/06/2021

Anon., 2020. *Le imprese usano il web ma solo le grandi integrano tecnologie più avanzate*. Istat, report ICT nelle imprese. Disponibile su:

<https://www.istat.it/it/files//2020/12/REPORT-ICT-NELLE-IMPRESE_2019_2020.pdf>

Anon., 2020. *Rilevazione sulle tecnologie dell'informazione e della comunicazione nelle imprese*. Istat. Disponibile su:

<<https://www.istat.it/it/imprese?dati>>

Bacchetti, A., Zanardini, M., 2018. *Additive manufacturing: cos'è e come funziona la manifattura additiva*. Internet 4 Things. Disponibile su:

<<https://www.internet4things.it/iot-library/che-cose-il-3d-printing-e-come-si-colloca-nellambito-industry-4-0-e-iot/>>

Boschi, F., De Carolis, A. & Taisch, M., 2017. *Nel cuore dell'Industry 4.0: i Cyber-Physical Systems*. Industria Italiana. Disponibile su:

<<https://www.industriaitaliana.it/nel-cuore-dell-industry-4-0-i-cyber-physical-systems/>>

Bottari, G., 2020. *Cyber physical systems (CPS), cosa sono, come stanno rivoluzionando il mondo industriale*. Internet 4 Things. Disponibile su:

<<https://www.internet4things.it/industry-4-0/cyber-physical-systems-cps-cosa-sono-come-stanno-rivoluzionando-il-mondo-industriale/>>

Chui, M., Löffler, M. & Roberts, R., 2010. *The Internet of Things*. McKinsey Quarterly. Disponibile su:

<<https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/the-internet-of-things>>

Crisantemi, M., 2021. *Cresce l'interesse delle PMI verso il Digitale, ma soltanto il 14% delle imprese ha un approccio strategico*. Innovation Post. Disponibile su:

<<https://www.innovationpost.it/2021/02/10/cresce-linteresse-delle-pmi-verso-il-digitale-ma-soltanto-il-14-delle-imprese-ha-un-approccio-strategico/>>

Guarascio, D., Sacchi, S., 2017. *Digitalizzazione, automazione e futuro del lavoro*. Inapp. Disponibile su:

<<http://oa.inapp.org/xmlui/handle/123456789/64>>

Federal Ministry of Education and Research – BMBF, 2014. *The New High-Tech Strategy Innovations for Germany*.

<https://it.wikipedia.org/wiki/Ubiquitous_computing>

<<https://www.bcg.com/capabilities/manufacturing/industry-4.0>>

<<https://www.sirmax.com/it/valori/fatti-numeri>>

<<https://www.sirmax.com/it/valori/il-mondo-sirmax>>

<<https://www.sirmax.com/it/valori/la-nostra-storia>>

Kagermann, H., Lukas, W. & Wahlster, W., 2011. *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4 industriellen Revolution*. Disponibile su:

<<https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/produktion/industrie-40-mit-internet-dinge-weg-4-industriellen-revolution/>>

Kagermann, H., Wahlster, W. & Helbig, J., 2013. *Recommendations for implementing the strategic initiative Industry 4.0*. Final report of the industry 4.0 working group

MISE, 2017. *Piano nazionale Industria 4.0*. Disponibile su:

<https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/guida_industria_40.pdf>

MISE, 2020. *Nuovo Piano Nazionale Transizione 4.0, Le misure si potenziano e diventano strutturali*. Disponibile su:

<<https://www.mise.gov.it/index.php/it/transizione40>>

MISE, 2020. *Transizione 4.0 (2019-2020), Una nuova politica industriale*. Disponibile su:

<<https://www.mise.gov.it/index.php/it/incentivi/impresa/transizione-4-0/transizione-4-0-2019-2020>>

PWC, 2018. *Digital Champions*. Global Digital Operations Study. Disponibile su:

<<https://www.strategyand.pwc.com/gx/en/insights/industry4-0/global-digital-operations-study-digital-champions.pdf>>

Smit, J. *et al.*, 2016. *Industry 4.0*. Policy Department A: Economic and Scientific Policy
Disponibile su:

<[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf)>