



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Gestionale

TPM in ottica Industry 4.0

TPM IN INDUSTRY 4.0 OPTICS

Relatore:

Laureando

Prof. Ing. Maurizio Bevilacqua

Francesca La Barba

Matricola: 1090105

Anno Accademico 2020-2021

INDICE

CAPITOLO 1: LEAN PRODUCTION

- 1.0 INTRODUZIONE ALLA LEAN PRODUCTION
- 1.1 ORIGINE E TOYOTA PRODUCTION SYSTEM
- 1.2 I PRINCIPI DELLA FILOSOFIA LEAN
 - 1.2.1 VALUE
 - 1.2.1 STREAM
 - 1.2.3 FLOW
 - 1.2.4 PULL
 - 1.2.5 PERFECTION

CAPITOLO 2: TPM

- 2.0 INTRODUZIONE ALLA TPM
- 2.1 ORIGINE DEL TPM
- 2.2 CAMPI D'AZIONE DEL TPM
- 2.3 GLI 8 PILASTRI DEL TPM
 - 2.3.1 LE 5S
 - 2.3.2 MANUTENZIONE AUTONOMA
 - 2.3.3 MIGLIORAMENTO CONTINUO
 - 2.3.4 MANUTENZIONE PROGRAMMATA
 - 2.3.5 MIGLIORAMENTO DELLA QUALITA'
 - 2.3.6 TRAINING / ADDESTRAMENTO
 - 2.3.7 EFFICIENZA NELL'AMMINISTRAZIONE
 - 2.3.8 AMBIENTE E SICUREZZA
- 2.4 L'OEE
- 2.5 APPLICAZIONI DELLA TPM

CAPITOLO 3: INDUSTRIA 4.0

- 3.0 INTRODUZIONE ALL'INDUSTRIA 4.0
- 3.1 ORIGINE DELL'INDUSTRIA 4.0
- 3.2 LA VISIONE STRATEGICA ED OPERATIVA DI DAIMLER BENZ
- 3.3 DEFINIZIONE

3.4 CHI SONO I DIFFUSORI DEL NUOVO PARADIGMA?

3.5 PROGRAMMI DI FINANZIAMENTO

3.5.1 L'INDUSTRIA 4.0 IN UE

3.5.2 L'INDUSTRIA 4.0 IN ITALIA

3.5.3 INDUSTRIA 4.0 IN EUROPA: TRA PRESENTE E FUTURO

3.6 BENEFICI E CAMBIAMENTI

3.6.1 IL CAMBIAMENTO PER L'UOMO: LO "SMART OPERATOR"

3.6.2 IL CAMBIAMENTO PER IL PRODOTTO: "SMART LIFECYCLE"

3.6.3 IL CAMBIAMENTO PER I MEZZI PRODUTTIVI: LA "SMART FACTORY"

3.7 I 9 PILASTRI DELL'INDUSTRIA 4.0

3.7.1 BIG DATA E ANALYTICS

3.7.2 AUTONOMOUS ROBOT

3.7.3 SIMULATION

3.7.4 INTEGRAZIONE DI SISTEMI ORIZZONTALI E VERTICALI

3.7.5 INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS

3.7.6 CYBER-SECURITY

3.7.7 CLOUD COMPUTING

3.7.8 ADDITIVE MANUFACTURING

3.7.9 AUGMENTED REALITY AND VIRTUAL REALITY

3.8 PRINCIPI DI PROGETTAZIONE

3.8.1 INTEROPERABILITA'

3.8.2 VIRTUALIZZAZIONE

3.8.3 DECENTRAMENTO

3.8.4 ATTIVITA' DI REAL TIME

3.8.5 ORIENTAMENTO AI SERVIZI

3.8.6 MODULARITA'

3.9 PROBLEMATICHE ED OSTACOLI

3.10 L'IMPATTO DEL COVID-19 SULL'INDUSTRIA 4.0

CAPITOLO 4: INTEGRAZIONE DELL'INDUSTRIA 4.0 NEL TPM

4.0 INTRODUZIONE

4.1 INDUSTRIA 4.0 E TPM

4.2 ALTRE PRATICHE LEAN APPLICATE ALL'INDUSTRIA 4.0

CAPITOLO 5: GLI OSTACOLI NASCOSTI DELL'INDUSTRIA 4.0 SECONDO IL BCG

5.0 INTRODUZIONE

5.1 GLI SPRECHI

5.1.1 SOVRAPPRODUZIONE ED INVENTARIATO

5.1.2 TRASPORTO E MOVIMENTO

5.1.3 OVERPROCESSING

5.1.4 L'ATTESA

5.1.5 DIFETTI

5.2 IGNORARE LE CAUSE COMPORTAMENTALI ALLA RADICE

5.3 COSTI NASCOSTI E SOLUZIONI LOW-TECH

5.4 "SALMON RUN"

BIBLIOGRAFIA

RINGRAZIAMENTI

CAPITOLO 1: LEAN PRODUCTION

1.0 Introduzione alla Lean Production

La produzione snella (“lean”) può essere definita come “un sistema socio-tecnico integrato il cui obiettivo principale è eliminare gli sprechi riducendo o minimizzando contemporaneamente fornitori, clienti e variabilità interna”. Il termine “lean” stesso è usato per la prima volta da Womack e Jones nel loro libro *Lean Thinking*, dove raccolgono tutti i concetti e le teorie della gestione e della produzione aziendale che ottengono dopo gli studi in Giappone nel decennio degli anni '80. I consumatori americani hanno sperimentato per la prima volta il valore della magra negli anni '70, quando le case automobilistiche giapponesi hanno guadagnato una trazione significativa nei mercati statunitensi in seguito alla crisi petrolifera del 1973. I consumatori non sapevano perché le importazioni giapponesi fossero superiori, solo che la qualità e il prezzo dei veicoli giapponesi erano chiaramente superiori alle loro controparti americane. Ci sono voluti fino agli anni '80 perché le case automobilistiche statunitensi comprendessero che il panorama competitivo era cambiato e iniziassero a studiare il lean. Lo studio investigativo continua ancora oggi. Negli ultimi anni, i ricercatori hanno tentato seriamente di comprendere le caratteristiche tecniche e sociali identificative alla base del lean e di replicarlo in tutto il mondo.

1.1 Origine e Toyota Production System

Il concetto di lean manufacturing è stato concepito in seguito alla visita di Taiichi Ohno negli Stati Uniti negli anni '30 per studiare i suoi sistemi di produzione. Taiichi Ohno ha preso il meglio dei sistemi americani, lo ha combinato con il meglio di Sistemi giapponesi e ha creato il Toyota Production System (TPS).

Il sistema Lean, o Lean Manufacturing, è interamente basato sul sistema di produzione Toyota (TPS). Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno e altri responsabili di Toyota, negli anni '30, implementarono una serie di innovazioni nelle loro linee di produzione per facilitare sia la continuità nel flusso di materiale che la flessibilità nella produzione di prodotti diversi. Ciò divenne ancor più necessario alla fine della seconda guerra mondiale, quando si presentò

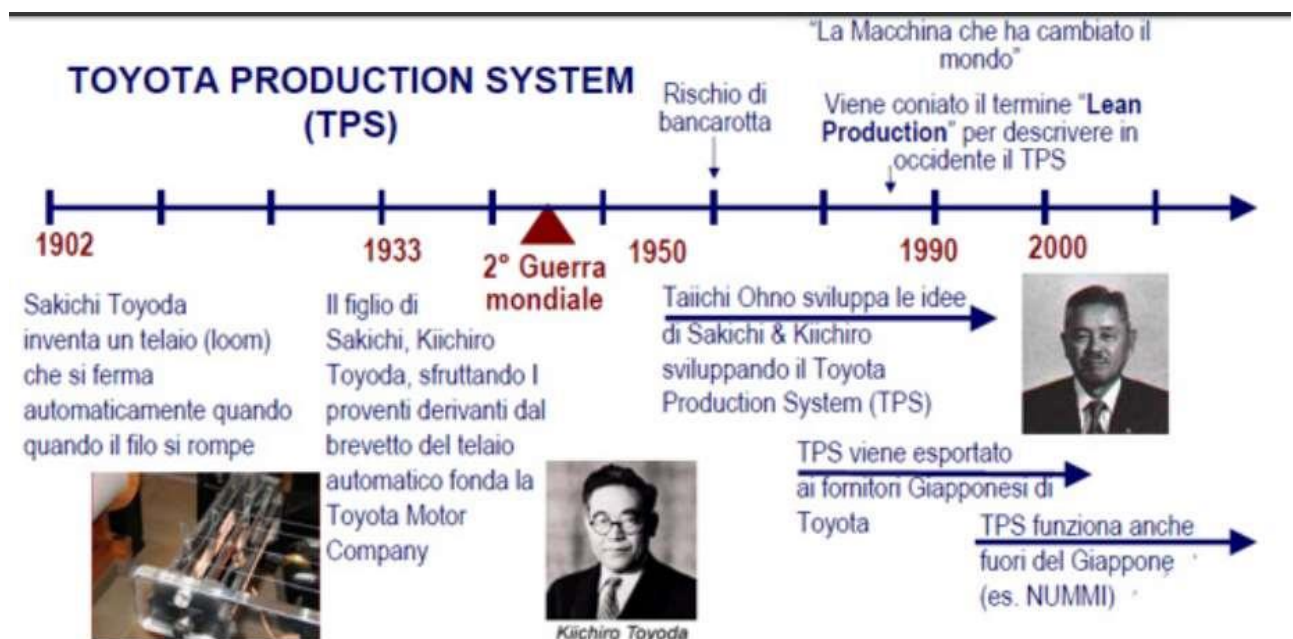
l'esigenza di fabbricare piccoli lotti di un'ampia varietà di prodotti. Così è emerso il TPS ("Toyota Production System").

Il TPS si basa sull'ottimizzazione dei processi di produzione attraverso l'identificazione e l'eliminazione dei rifiuti (MUDA in giapponese, o WASTE in inglese) e l'analisi della catena del valore, per ottenere finalmente un flusso stabile e costante di materiale, nella giusta quantità, con la qualità assicurata e al momento necessario; ciò significa avere la flessibilità e l'affidabilità necessarie per produrre in ogni momento ciò che il cliente richiede, ne' di più, ne' di meno.

La Toyota arriva alla seguente conclusione:

- l'adeguamento delle attrezzature di produzione alle reali esigenze di capacità,
- l'introduzione di sistemi di qualità integrati nei processi (poka-yoka),
- la disposizione delle apparecchiature in seguito alla sequenza di produzione
- e un sistema Pull

avrebbero reso possibile la produzione a bassi costi, con un'ampia varietà, un'alta qualità e con tempi di consegna molto rapidi per rispondere in modo efficace ed efficiente alle variazioni delle richieste dei clienti e al tempo stesso una gestione delle informazioni maggiormente facilitata e più precisa.



1.2 I 5 PRINCIPI DELLA FILOSOFIA LEAN

Il primo concetto verso cui puntò il sistema Toyota era la riduzione dei costi, essendo il profitto la differenza tra il prezzo di vendita ed il costo sostenuto, assunse un ruolo prioritario per la nuova concezione di azienda.

La nuova linea di base stabilita da Taiichi Ono consiste in una riduzione del tempo dall'arrivo dell'ordine del cliente, a quando avviene la consegna e viene effettuato il pagamento. Nel mezzo tutte le attività che non portano valore sono rimosse perché spreco. La lotta allo spreco diventa quindi un principio per il raggiungimento della produzione snella. I requisiti base per raggiungere tale obiettivo sono la produzione just- in-time e l'automazione sotto il controllo umano: il primo si adempie realizzando un processo con un flusso continuo, in grado di portare quanto richiesto, dove richiesto e nel momento richiesto; il secondo si ottiene dotando ogni operatore e ogni processo produttivo dei mezzi per l'individuazione e la correzione dei difetti del prodotto o del sistema. La maggiore efficienza ottenuta non deve essere tradotta nell'aumento della produzione al pari uso dei mezzi produttivi. Il maggior guadagno avviene nella riduzione dei costi: dalla capacità di eseguire le operazioni come in precedenza, ma al netto degli sprechi eliminati, con una spesa minore per il processo produttivo. La riduzione dei costi porta all'aumento del margine sul prezzo di vendita del prodotto, mantenendo tutte le caratteristiche cui il cliente attribuisce valore e per le quali è disposto a pagare.

Possiamo sintetizzare in poche battute il pensiero Lean come una filosofia di management rivolta alla semplificazione del lavoro, alla eliminazione degli sprechi e alla ricerca del miglioramento continuo definito KAIZEN.

The image shows the Japanese kanji characters for 'Kaizen', which are '改' (Kai) and '善' (Zen). The characters are written in a bold, black, sans-serif font.

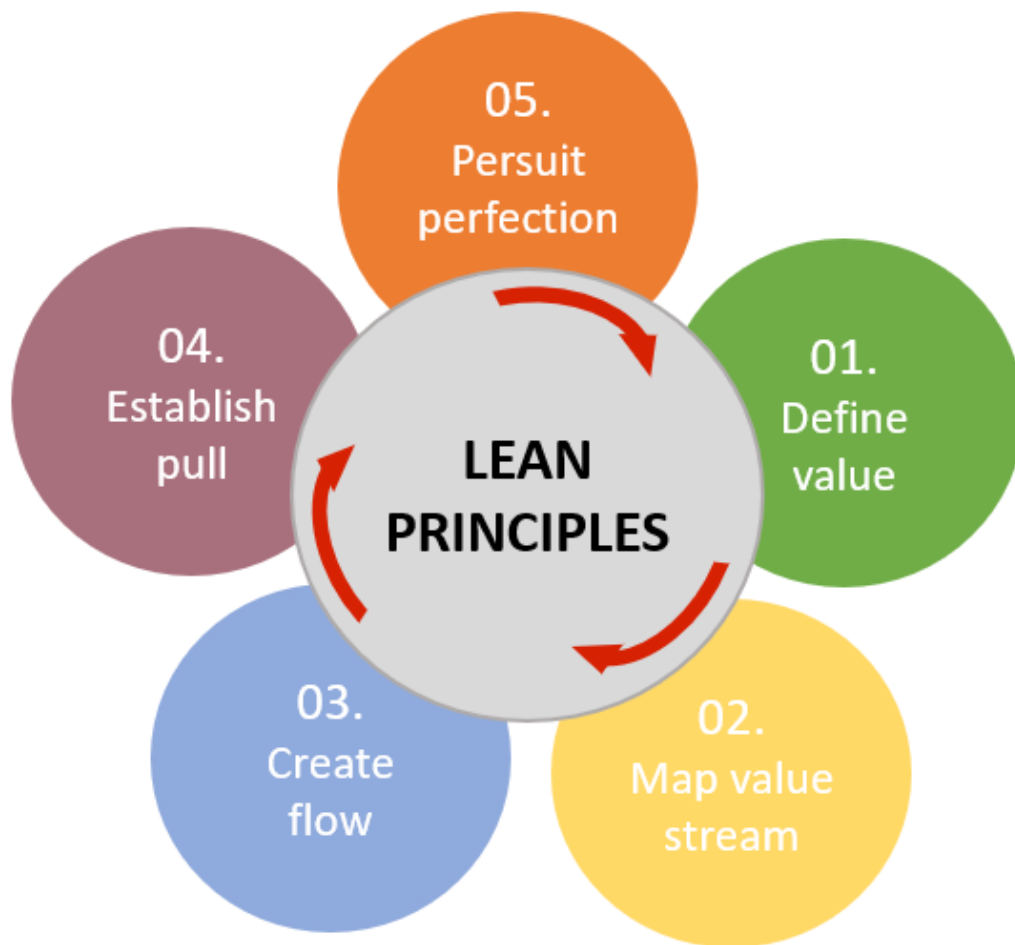
Kai = Change Zen = Good

I fondamenti su cui poggia le radici il pensiero della **Lean Production** sono principalmente 5 e devono generare un radicale cambio di pensiero affinché possano essere accolti da una azienda che voglia abbracciare questa filosofia.

Le 5 azioni prendono il nome di “Principi di Womack e Jones” che sono i punti di riferimento per la riorganizzazione del processo:

1. La prima azione è la definizione di valore come percepito dal cliente.
2. La seconda azione mira a identificare il flusso di valore per ciascun prodotto.
3. Il terzo principio afferma che è necessario fare un flusso di prodotto continuo nei rimanenti step a valore aggiunto.
4. La quarta azione aspira a un flusso che viene “tirato” dal cliente, dove il flusso continuo è possibile.
5. Il quinto principio mira alla ricerca della perfezione.

Queste azioni devono essere eseguite all'infinito, ogni giorno, come un ciclo per il miglioramento continuo.



1.2.1 Definizione del valore

Il principio di partenza nella Lean Production è il concetto di Valore che va ripensato dal punto di vista del cliente. Solo una piccola parte delle attività aziendali e del tempo totale impiegato nel lavoro quotidiano sviluppano reale valore per il prodotto o servizio da fornire al cliente. L'obiettivo è quello di attuare una politica aziendale volta alla correzione di tutte quelle attività di NON Valore definite come MUDA o sprechi.

La grande differenza rispetto al passato è che il produttore non pensa a ciò che è più conveniente per la fabbrica ma deve comprendere unicamente ciò che ha valore per il cliente e quanto quest'ultimo è disposto a pagare per un determinato prodotto o servizio.

Di fatto il cliente basa le proprie percezioni di valore relative ad un prodotto, sul confronto tra ciò che riceve (GET) e ciò che dà (GIVE):

| GET | GIVE |
|--------------------------|------------------------------------|
| • vantaggi funzionali | • oneri monetari |
| • vantaggi psicologici | • oneri non monetari |
| • vantaggi sociali | • informativi e valutativi |
| • vantaggi esperienziali | • di reperimento e di acquisto |
| | : • psicologici e di apprendimento |
| | • di obsolescenza e dismissione |
| | • di esercizio e di manutenzione |

In questo senso, le organizzazioni usano alcuni strumenti come il brainstorming o il Quality Function Deployment (QFD), per cercare i passaggi che aggiungono valore per renderli il più possibile efficienti e privi di scarti visto che, generalmente, il cliente non vuole pagare per rielaborazione, trasporto o tempo di attesa (e altre fonti di scarti). L'idea alla base del primo principio potrebbe essere riassunta nello slogan "*customer first*": la missione e l'obiettivo finale di Lean è ascoltare il cliente per capire cosa vuole.

1.2.2 Value stream mapping - VSM

Una volta comprese le attività a VALORE (VSM) per il cliente, è necessario concentrarsi sulla mappatura delle attività che creano questo valore attraverso la Value Stream Map- VSM.

Essa viene utilizzata per la rappresentazione visiva di tutte le fasi del processo necessarie per completare un prodotto o servizio. Viene visualizzato l'intero flusso di materiale e dati, a partire dal fornitore fino alla consegna al cliente. In questo modo si evidenziano come queste attività impattino nel ciclo produttivo aziendale. Con questo strumento, si può analizzare a colpo d'occhio le fonti e le cause di sprechi e ritardi nel flusso di lavoro; colli di bottiglia, scorte eccessive e altri ostacoli o interruzioni che potrebbero influire sulla produttività e di conseguenza, sulla redditività.

VSM è la rappresentazione grafica di uno o più flussi di valore che descrivono le attività necessarie all'azienda per soddisfare la domanda del cliente. Queste attività si suddividono in:

1. Le attività che creano valore percepito dal cliente (il motivo per cui il cliente acquista il nostro prodotto).
2. Le attività che NON creano valore, ma che sono indispensabili, stanti gli attuali sistemi di produzione e gestione (attività oggetto di efficientamento e correzione).
3. Le attività che NON creano valore (attività che devono assolutamente essere eliminate da subito) considerate appunto sprechi (MUDA).

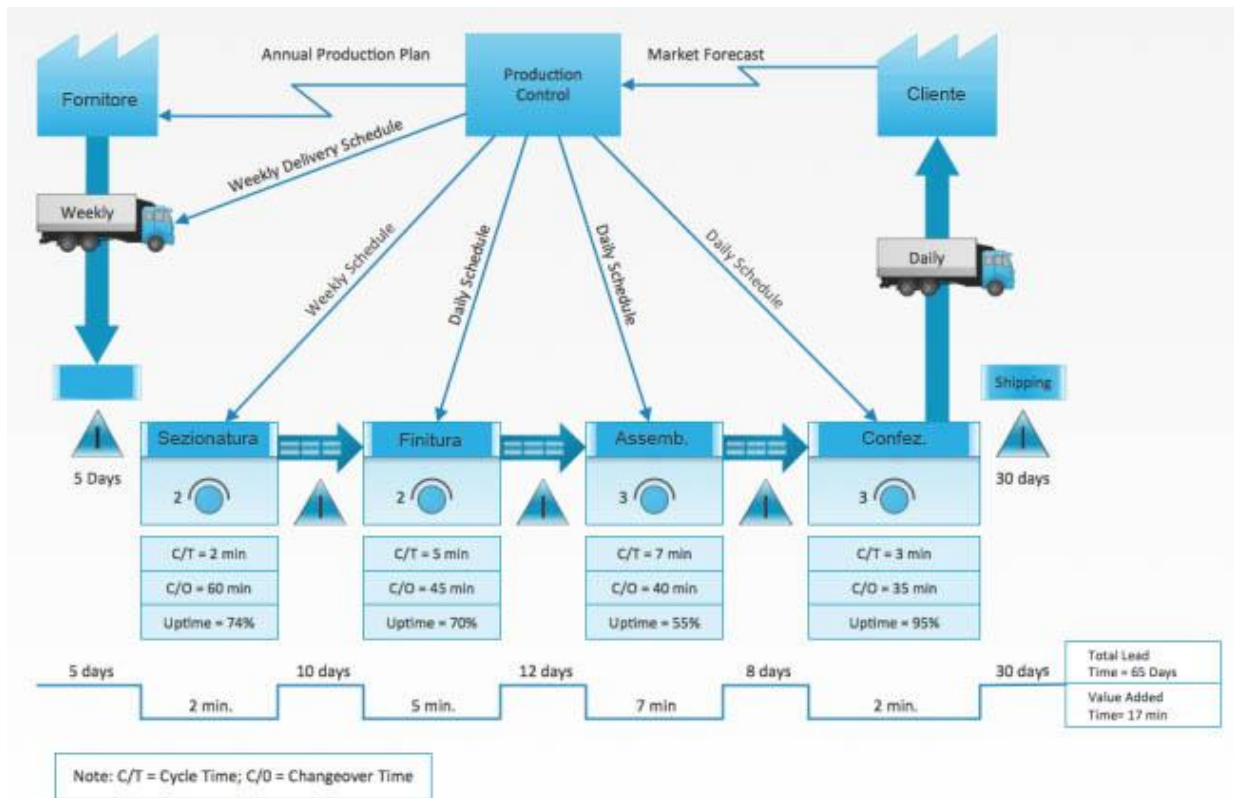
Possiamo sintetizzare, i vantaggi della gestione e progettazione del flusso di valore VSM, di seguito:

- I dirigenti coinvolti sviluppano una maggior comprensione dei processi rilevanti in azienda
- L'imprenditore focalizza sull'organizzazione la sostenibilità per il processo di miglioramento
- Presentazione semplice e visiva basata su schema grafico
- Crea una comprensione comune di ciò che è o come dovrebbe essere
- Aiuta a identificare le cause degli sprechi
- Mette in risalto le leve del cambiamento per l'ottimizzazione dei processi
- Mostra le priorità di azioni e comportamenti

La gestione del flusso di valore è uno strumento importante per la pianificazione della produzione e la progettazione dei processi di creazione di valore sia nei reparti di produzione che in ufficio.

L'idea di base che sottende al VSM è quello di visualizzare i flussi di materiale e informazioni nella loro interezza senza guardare i singoli dipartimenti. In questo modo tutti possano avere chiaro ciò che avviene e ciò che potrebbe avvenire apportando modifiche ai processi.

I vantaggi della gestione del flusso di valore inoltre è dato dal fatto che il sistema di Value Stream Mapping è un sistema fortemente orientato agli obiettivi. Adotta infatti la filosofia kaizen del "Miglioramento continuo" Quindi deve sempre rivolgersi al raggiungimento di uno stato di destinazione in cui siano richiesti anche più passaggi secondari, fattibili e direttamente utilizzabili (work packages)



1.2.3 Flusso continuo

Dopo aver definito il valore e dopo aver stilato la Value Stream Map si procede con l'ottimizzazione dei processi che creano valore. L'obiettivo è quello di massimizzare le attività che generano il valore, rendendole un flusso (FLOW) costante e continuo. Serve quindi rivedere come organizzare il lavoro, che tipo di attrezzature impiegare per facilitare la produzione, ridisegnare il layout produttivo e se necessario adottare azioni di BPR Business Process Reengineering. In tal modo verranno debellati gli sprechi e impediti "flussi a ritroso", scarti e fermate. Una volta eliminate quelle attività che non creano valore, le attività rimanenti devono essere organizzate in un flusso: il processo deve essere eseguito senza ostacoli e

interferenze. Il flusso ideale è quello che viene chiamato flusso a pezzo unico, anche se molte volte non è fattibile a causa delle impostazioni di set-up e la necessità di far scorrere più flussi di prodotti attraverso le singole macchine o celle.

Tutto ciò che blocca il flusso è uno spreco, quindi deve essere identificato per essere rimosso; è necessario che il processo possa procedere senza vincoli. Inoltre, ogni pezzo deve seguire il takt-time, che è il tempo di produzione previsto per consegnare il prodotto al cliente o, in altre parole, il ritmo di produzione necessario per soddisfare la richiesta del cliente. È calcolato attraverso il rapporto tra il tempo totale disponibile per consegnare un prodotto e il volume del prodotto da consegnare.

Un errore che si presenta con frequenza è scendere a compromessi per via degli impianti a disposizione: non volere investire nella tecnologia o sistema adatto. Risolversi di utilizzare un macchinario che richieda tempi lunghi di setup o con problemi di manutenzione solo perché occorre affrontare un acquisto di valore elevato che deve essere giustificato nel tempo o perché non si vuole affrontare un ulteriore l'investimento. La realizzazione di celle produttive per arrivare al lotto unitario può portare ad un maggiore costo iniziale per la necessità di macchinari adatti o adattati a questo scopo.

L'insieme delle attività correttive intraprese non può ridursi al singolo prodotto o alla singola operazione. Quando si ha una visione complessiva del flusso di valore ed ogni attività è riorganizzata per generare e far fluire tale flusso, per tutta la produzione presente e futura, allora l'azienda si può definire operante in modo snello.

1.2.4 Produzione Pull

sistema push

- *Le inefficienze sono nascoste*
- *Lotti alti*
- *Uso delle previsioni*
- *Sprechi*
- *Scarsa comunicazione*
- *Approssimazione*
- *Scarso visual management*

Make all we can just in case we need it

sistema pull

- *Uso effettivo*
- *Produrre quello che chiede il cliente*
- *Quando richiesto dal cliente*
- *Flussi di materiali vengono ottimizzati*
- *Nuove opportunità vengono evidenziate*
- *Riduzione degli sprechi*
- *Buona comunicazione*
- *Precisione*

Make what we need when we need it

Pull significa tirare, indica cioè che l'avvio della produzione dei beni deve partire solo e soltanto quando il cliente li richiede. È il cliente che “tira” la produzione. Questo concetto permette l'abbassamento del livello di scorte da parte del produttore, aumentando la liquidità finanziaria e migliorando l'intera gestione aziendale. Inoltre, la gestione “Pull” permette la stabilizzazione della domanda finale. Infatti è il cliente che ordina quello che vuole e non l'azienda produttrice che decide cosa produrre nella speranza di poter poi vendere tutta la scorta (eliminare le scorte di sovrapproduzione spesso impone campagne promozionali per forzare la domanda verso un particolare tipo di prodotto). Il quarto principio è il più critico ed è collegato al modo in cui la produzione è organizzata e condotta. In effetti, il magazzino è uno dei principali scarti e questo deve essere eliminato. Pensando alla metafora tradizionale della barca, l'inventario nasconde la maggior parte dei problemi all'interno di un'organizzazione e causa molti altri sprechi. Idealmente, un sistema dovrebbe produrre solo quando il cliente effettua l'ordine: la produzione deve essere trainata dall'effettiva domanda del mercato.

La produzione pull è realizzata utilizzando Kanban e Just in time.

Il kanban è una tecnica della Lean Production che rende possibile il Pull Flow dei materiali.

Kan (看) significa “visuale”, Ban (板) significa “segnale”. Il kanban si basa infatti su dei cartellini fisici che consentono la produzione, l’acquisto o la movimentazione dei materiali.



L’obiettivo del kanban è di evitare la sovrapproduzione che è lo spreco più impattante sulle performance di un sistema produttivo.

Il kanban è un metodo operativo per far circolare le informazioni in modo sistematizzato all’interno dell’azienda ed eventualmente tra azienda e fornitori eliminando la necessità di sistemi complessi di programmazione della produzione. Il kanban si configura come un cartellino quadrato che contiene le informazioni necessarie per produrre, acquistare o movimentare componenti e materiali nel sistema produttivo. Di conseguenza il kanban rappresenta il motore dell’attività dell’azienda gestendo in modo automatico la quotidianità degli ordini di lavoro, consentendo ai responsabili di occuparsi di risolvere le criticità e di sviluppare i miglioramenti del sistema. (approfondiremo il concetto di kanban in seguito , nella sezione 1.4.1)

Just-in-Time (spesso abbreviato in JIT), espressione inglese che significa "appena in tempo", è una filosofia industriale che ha invertito il "vecchio metodo" di produrre prodotti finiti per il magazzino in attesa di essere venduti (detto logica push) passando alla **logica pull** secondo cui occorre produrre solo ciò che è stato già venduto o che si prevede di vendere in tempi brevi.

In termini più pragmatici, ma anche riduttivi, è una politica di gestione delle scorte a ripristino che utilizza metodologie tese a migliorare il processo produttivo, cercando di ottimizzare non tanto la produzione quanto le fasi a monte, di alleggerire al massimo le scorte di materie prime e di lavorati necessari alla produzione. In pratica si tratta di coordinare i tempi di effettiva necessità dei materiali sulla linea produttiva con la loro acquisizione e disponibilità nel segmento del ciclo produttivo e nel momento in cui debbono essere utilizzati.

Il JIT abbina elementi quali affidabilità, riduzione delle scorte e del lead time, ad un aumento della qualità e del servizio al cliente.

Alla base della filosofia del JIT qualsiasi scorta di materiale, semilavorato o prodotto finito è uno spreco, uno spreco di risorse economiche, finanziarie e un vincolo all'innovazione continua. Più il processo è "corto" nella somma dei processi di progettazione e di produzione (sommando i tempi di produzione e transito) e più l'industria con i suoi prodotti e servizi (inclusi prevendita e postvendita) è vincente.

1.2.5 Ricerca della perfezione (Kaizen)

Una volta compreso il valore della produzione per il cliente (VSM), ottimizzato il flusso di valore produttivo, fatto sì che la produzione abbia continuità e che il cliente possa “tirare” il ritmo di produzione, è importante iniziare un processo di miglioramento continuo del processo produttivo volto alla ricerca della perfezione ovvero la filosofia del KAIZEN. Implementando le prime quattro azioni, è già possibile prevenire un'enorme quantità di scarti all'interno dei processi organizzativi.

La perfezione è un concetto astratto ma porta a definire un traguardo a cui aspirare. Dalla sua ricerca derivano l'ispirazione e le linee guida che sosterranno il processo di miglioramento. Lean focalizza la sua attenzione sull'obiettivo finale di perseguire una perfezione continua attraverso la cura delle operazioni quotidiane: l'attenzione deve essere posta sul viaggio quotidiano e non sulla destinazione. Essere migliori dei concorrenti non è abbastanza perché il principale obiettivo è quello di fornire valore ai clienti, raggiungendo zero rifiuti.

Questa forte ambizione potrebbe essere interpretata con il termine Kaizen; è composto da due parole giapponesi: Kai, che significa cambiamento, e Zen, cioè la perfezione, che insieme sono tradotti in miglioramento continuo. Kaizen è più un atteggiamento rispetto a un semplice processo per ottenere miglioramenti. In pratica, è l'atteggiamento di ciascun membro dell'organizzazione, che deve essere guidato dall'aspirazione di migliorare le prestazioni di tutti i giorni, attraverso un ciclo infinito verso la perfezione. A questo fine, deve essere stabilito un approccio collaborativo e partecipativo per coinvolgere attivamente ogni attore nel processo di miglioramento continuo, utilizzando nel proprio campo competenze, esperienze, abilità e abilità nel campo. È un comportamento focalizzato su cosa deve essere fatto invece di ciò che potrebbe essere fatto.

La visione del miglioramento continuo è ottenuta un passo alla volta, giorno dopo giorno, attraverso iniziative piccole ma continue. Questo concetto è fortemente in contrasto con l'idea,

puramente occidentale, di innovazione e rivoluzione. Tuttavia, Kaizen da solo non è utile per perseguire gli obiettivi ambiziosi di Lean: ciò di cui c'è bisogno è anche Kakushin (miglioramento discontinuo) e Kaikaku (cambiamento rivoluzionario o radicale). In effetti, ogni impresa ha bisogno di entrambi gli approcci (radicali e incrementali) per perseguire la perfezione.

In genere, i manager hanno la necessità di imparare a vedere: per vedere il flusso del valore, per vedere il flusso continuo di valore, per vedere il valore essere tirato dal cliente. È possibile supporre che la forma finale del vedere sia quella di portare la perfezione in una visione chiara: in questo modo, l'obiettivo del miglioramento è visibile e concreto per l'intera impresa. Al tempo stesso, nessuna immagine della perfezione può essere impeccabile. La perfezione, in una prospettiva snella, è come l'infinito. Raggiungerlo è in realtà impossibile, ma lo sforzo per farlo ispira e fornisce una direzione essenziale per fare progressi lungo il percorso.

Kaizen ha bisogno di una forte ingegneria durante la fase di pianificazione e un alto livello di controllo durante il processo. Il ciclo di Kaizen passa attraverso diversi passaggi: partendo dalla standardizzazione delle attività e dei processi, li misura (in termini di tempo e risorse impiegati), valuta tutti i possibili piani di miglioramento e innova solo quando il processo è saturo, che è standardizzato e implementato. Come accennato, questo ciclo si ripete all'infinito.

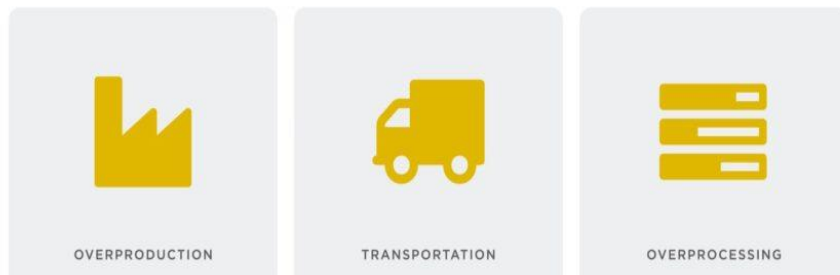
1.3 Gli sprechi

Come accennato in precedenza, in Lean Manufacturing ciascuna delle operazioni che non aggiungono valore può essere considerata all'interno di una delle categorie della seguente classificazione di spreco.

Le seguenti sezioni offrono una breve spiegazione di ogni tipologia di spreco, nonché l'identificazione delle cause più comuni e le strategie che mitigano i loro effetti.



THE 7 WASTES



1.3.1 Sovrapproduzione

La sovrapproduzione è il fenomeno che si verifica quando si produce troppo, o troppo presto, con conseguente accumulo di materiali e generazione di scorte intermedie. L'indicatore principale che ci avvisa della presenza di una sovrapproduzione è l'elevato inventario. Tra le principali cause di sovrapproduzione possiamo identificare i processi non efficienti, programmazione non livellata, cattivo uso dell'automazione, etc.

Le misure che possono essere adottate per l'eliminazione degli sprechi associati alla sovrapproduzione passano attraverso la generazione di piccoli lotti di produzione, programmi di livellamento e la capacità di trasformare il nostro sistema produttivo in un sistema "pull", producendo la quantità necessaria al momento necessario.

1.3.2 Processi e progettazione

Molto spesso la volontà di innovare porta ad adottare processi o attività complesse e problematiche da utilizzare oppure che richiedano spese maggiori rispetto ad altre soluzioni. La scelta di utilizzare processi eccessivamente complicati o costosi per un dato prodotto rappresenta uno spreco. Vengono generati quindi un prodotto o un servizio con più lavoro del necessario, per il quale il cliente non è disposto a pagare. Questa forma di scarto è la più difficile da identificare ed eliminare, e ridurlo implica eliminare elementi inutili del lavoro

stesso. L'utilizzo di operatori non qualificati o di passaggi ripetuti nel processo di produzione sono le cause principali che possono portare alla sovra elaborazione.

1.3.3 Trasporti

Gli scarti associati al trasporto consistono nel movimento non necessario di parti. Avere un sistema "no pull" è un indicatore di scarti di trasporto. L'utilizzo di più magazzini, la mancata applicazione della gestione visiva, l'utilizzo di lotti di grandi dimensioni e la sovrapproduzione sono le cause più comuni di questo tipo di scarti. Lo spreco può riguardare sia le movimentazioni interne che le supply chain complesse che vengono a stabilirsi con fornitori e stabilimenti dislocati nei luoghi più vari. Per contrastare questi scarti è possibile effettuare consegne più frequenti e più piccole, effettuare studi per ottimizzare il lay-out e in modo da ottenere un migliore controllo del flusso.

La movimentazione viene stimata come un valore aggiunto dal consumatore solo nel caso in cui porti un vantaggio nella posizione o nelle tempistiche di consegna.

1.3.4 Tempi di attesa

L'attesa è un fenomeno che appare quando si aspetta che parti o macchine continuino con il processo di produzione. Ci sono più indicatori che ci mostrano la presenza di scarti in attesa: l'operatore che aspetta che i materiali arrivino, un operatore che aspetta una macchina per finire un lavoro o anche un operatore in attesa che altri operatori continuino. Le attese sono imputabili a diverse cause, tra le quali ricordiamo linee sbilanciate, problemi di qualità frequenti, tempi di set-up molto lunghi, cattiva pianificazione. La revisione di tutte queste attività può portare ad ampi margini di miglioramento nel lead time del prodotto.

1.3.5 Errori e rilavorazioni

Consiste nel produrre parti difettose o nel manipolare materiali in modo improprio. Comprende anche lo spreco nel dover rifare di nuovo il lavoro e la perdita di produttività associata a interruzioni nella continuità del processo. Influenzano la capacità del processo, aggiungono costi e compromettono la qualità del prodotto o del servizio finale. Le ispezioni alla ricezione

del materiale e la presenza di aree di rilavorazione lungo la linea di produzione sono indicatori degli scarti di rilavorazione.

Ci sono molteplici cause alla base degli scarti nella rilavorazione, tra cui ricordiamo l'acquisto materiali senza controllo, strumenti inadeguati, sovrapproduzione. Effettuare controlli di qualità sui prodotti inviati dai fornitori, evitando così la necessità di avere uno spazio nell'impianto per effettuare i controlli, riduce il costo di questi scarti.

1.3.6 Movimenti

Sono le azioni di movimento dei componenti e degli operatori non necessarie per il funzionamento del sistema produttivo. Il movimento eccessivo è uno spreco. Qualsiasi spreco in questo aspetto comporta il consumo di tempo ed energia in modo inefficiente e ha un costo elevato. Un movimento è uno spreco se vi è un altro più breve, più semplice e/o meno costoso per eseguire la stessa operazione o per ottenere lo stesso risultato.

Il movimento stanca occupa spazio e richiede tempo. Qualsiasi semplificazione è quindi un risparmio. Solo gli spostamenti indispensabili devono essere mantenuti, andando ad inserire le indicazioni nelle guide procedurali ed introducendo strumentazioni apposite per agevolare l'attività lavorativa (ad esempio postazioni adattative).

Un miglioramento dell'organizzazione dell'area di lavoro e una riprogettazione del layout dell'impianto sono tecniche che aiutano a mitigare gli effetti di questi scarti.

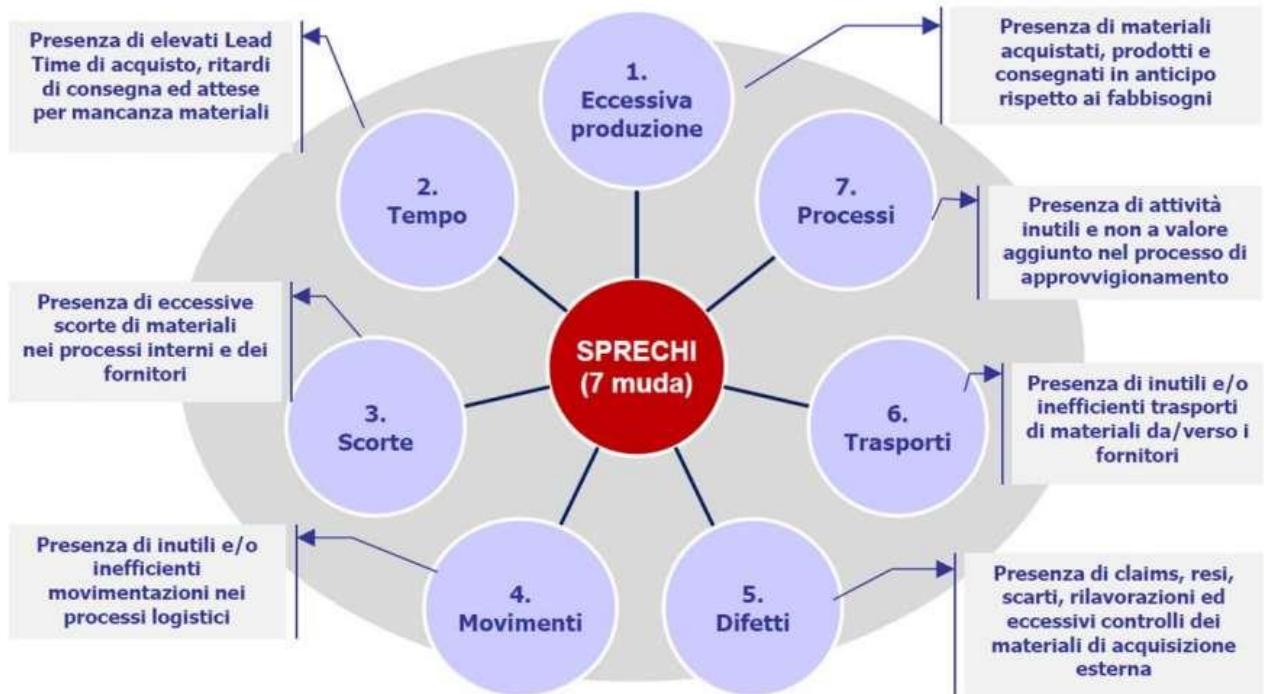
1.3.7 Giacenze

Per giacenza ci si riferisce allo stock di prodotti finiti, semilavorati o materie prime accumulato dal sistema di produzione. È da considerare giacenza in eccesso sia i prodotti finiti per i quali non vi è una destinazione od un ordine ben definito, sia le materie prime o semilavorati prodotti senza avere ordini concreti per i prodotti finiti. Queste scorte, bloccate in inventario, generano uno spreco sotto vari punti di vista: deperimento, deprezzamento, spreco del valore della merce e dei capitali investiti.

Il problema forse più grave quando si vuole creare un sistema produttivo "lean" è che l'eccesso di giacenze rende difficile individuare le altre problematiche in modo trasparente, ad esempio

disequilibri nei processi produttivi, consegne tardive ecc.

Tra le misure più efficaci per combattere questo tipo di scarti è quello di produrre in lotti più piccoli, passare ad un sistema produttivo di tipo Pull e ad una programmazione livellata.



1.4 Strumenti utilizzati nella Lean Production

Gli strumenti sviluppati dalla filosofia Lean sono molteplici, e sono oggi utilizzati largamente da moltissime organizzazioni. In questa sezione verranno approfonditi quelli che sono considerate le principali tecniche della Lean Production :

1. KANBAN
2. TAKT TIME
3. VPM
4. 5S
5. STANDARD WORK
6. POKA – YOKA
7. JUST IN TIME

1.4.1 kanban

Parlando nello specifico del Kanban: sappiamo che Kan (看) significa “visuale”, Ban (板) significa “segnale.

Kanban sono dei cartellini fisici sui quali sono riportate informazioni relative a cosa e quanto e quando bisogna produrre o movimentare.

Il sistema Kanban usa dei semplici cartellini per controllare la produzione, l'idea di base è che nessuna stazione possa produrre più di quanto richiesto dalla stazione successiva così che l'accumulo della giacenza è pertanto impedito.

Usando questo metodo, il kanban si comporta come un sistema d'informazione che integra la produzione, collegando tutti i processi, l'uno con altro, armonicamente, con la domanda del cliente.

In questo modo i processi a monte producono solo i pezzi sufficienti per rimpiazzare quelli che i processi successivi hanno richiesto. Gli operatori, in ogni processo vanno al processo precedente per prelevare le parti di cui necessitano; ciò viene fatto nel tempo e nelle quantità giuste.

I kanban si possono distinguere in 2 grandi tipologie:

1. I kanban di movimentazione o di trasporto che servono per spostare componenti e materiali verso un processo produttivo
2. I kanban di produzione che rappresentano veri e propri ordini di produzione mediante i quali si autorizza il processo a monte a produrre un certo componente per un processo a valle.

Le informazioni che generalmente si possono trovare su un cartellino kanban sono:

- Il codice del componente interessato
- Il fornitore di quel componente
- Il cliente che lo richiede
- Il tempo a disposizione per il ripristino

- La quantità da ripristinare
- Il contenitore da utilizzare
- Altre informazioni personalizzate

Kanban è la tecnica più usata ed è costituita da cartellini che gestiscono le priorità di avanzamento fra le celle. Ogni cella dispone di due cassette: una per i Kanban-prelievo e l'altra per i Kanban-produzione. Guardando le cassette l'operatore capisce quantità e tipo di prodotti da produrre o da approvvigionare (secondo la cassetta). A valle e a monte della cella si trovano i contenitori che formano le scorte. Quelli a monte hanno appeso un Kanban-prelievo.

L'operatore della cella preleva il contenitore con i prodotti da lavorare, stacca il Kanban-prelievo e lo inserisce nella cassetta dei Kanban-prelievi che evidenzia la quantità e tipologia di prodotti di cui approvvigionarsi per ripristinare la scorta di prodotti da lavorare. I contenitori delle scorte di prodotti già lavorati, invece, hanno ognuno appeso un Kanban-produzione.

Quando si ritira un contenitore di questi ultimi, il Kanban-produzione viene staccato e posto nella cassetta corrispondente. Infine il Kanban-prelievo viene appeso al contenitore portato nella cella a valle.

Regole Kanban:

- 1) La stazione a valle preleva da quella a monte soltanto ciò che le occorre nell'istante di utilizzo. E' il kanban che indica la tipologia e la quantità di ciò che deve essere prelevato → Senza Kanban è impossibile prelevare.
- 2) La stazione a monte produce solo ciò che quella a valle richiede. E' il kanban che indica la produzione che deve essere effettuata → Senza Kanban è vietato produrre.

Un'altra caratteristica Lean che manda avanti tutto il processo è il fatto che possono procedere dalle stazioni di monte verso quelle di valle solo i lavorati esenti da difettosità. Se così non fosse le stazioni di valle, non ricevendo le quantità programmate, sarebbero costrette ad arrestarsi. Questo implica che il numero di Kanban deve essere limitato a quelli strettamente necessari.

Le code dei cartellini possono essere gestite:

- 1) Secondo una logica FIFO

2) Nel caso di tempi di setup non trascurabili si usa accorpare i kanban in modo da evitare un numero di setup eccessivo

Nel caso in cui la stazione deve produrre più codici, la priorità è data dalla posizione più o meno di urgenza del kanban sulla rastrelliera, si devono inserire progressivamente i kanban di produzione in una rastrelliera divisa in colonne e aree associate a ciascun codice da produrre nella postazione; ogni colonna a sua volta è divisa in tre aree di priorità alta, media e bassa, evidenziate ad esempio da colori rosso, giallo, verde; la regola è di produrre i codici in zona rossa o sopra un determinato numero di kanban che li richiede in rastrelliera.

Il Kanban, se ben applicato, porta ai seguenti benefici:

- 1) riduzione notevole delle scorte (fino al 90%)
- 2) risposte veloci ai cambiamenti di domanda
- 3) miglioramento dell'accuratezza della scorta
- 4) semplificazione della programmazione, riduzione dell'uso dell'MRP.

1.4.2 Takt Time:

Il Takt Time è il ritmo della produzione. Si tratta del tempo necessario a produrre un singolo componente o l'intero prodotto, noto anche come ritmo delle vendite.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Total Available Production Time}}{\text{Average Customer Demand}}$$

Caso studio

HO UNA DOMANDA GIORNALIERA DI 700PEZZI AL GIORNO;

L'AZIENDA METTE A DISPOSIZIONE 1 TURNO DA 8 ORE AL GIORNO PER REALIZZARLI

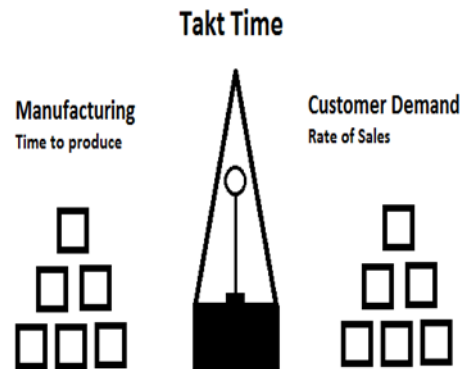
OGNI TURNO PREVEDE UNA PAUSA DA 30 MIN.

5 GG LAVORATIVI A SETTIMANA.

LE 4 FASI CARATTERISTICHE DI TRASFORMAZIONE SONO:

BURRO-MARMELLATA-PACK-SHIP.

A VALLE ED A MONTE DELL'AZIENDA SI TROVANO IL FORNITORE E LE SPEDIZIONI (GIORNALIERE).



Risultato:

$$\text{Takt Time: } \frac{480 \text{ min/gg} - 30 \text{ min/gg}}{700 \text{ pz/gg}} = 0.64 \text{ pz/min} = 38,6 \text{ pz/sec}$$

Customer Demand:
700 pieces per Day
(Takt Time 38.6 seconds)



1.4.3 VPM

- Visualizza il flusso in cui si collocano le singole attività
- Oltre agli sprechi, aiuta a vederne la fonte
- Mostra il link fra flusso di materiale e flusso di informazioni

- E' uno strumento qualitativo, che descrive in dettaglio cosa si fa e cosa si dovrebbe fare.

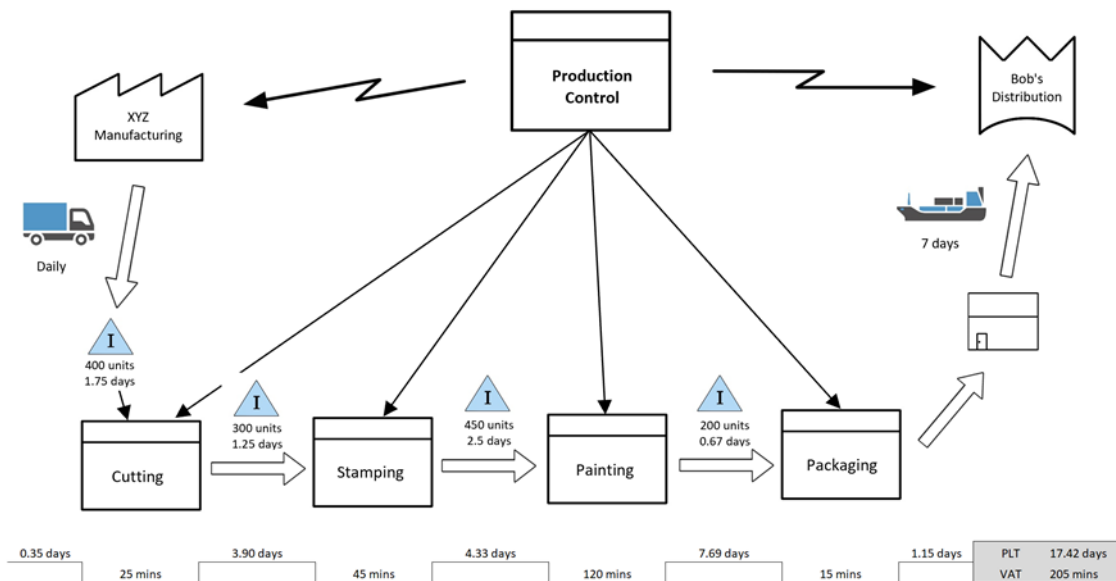
Di solito è meglio identificare una famiglia di prodotti a volte, vale la pena di mappare un prodotto specifico prima di passare ad identificare le famiglie, perché l'esercizio "apre gli occhi" al Team, insegna a pensare in termini di flusso e non di singolo reparto/ufficio.

Per mappare, occorre avere presente quelli che sono le tre principali componenti del flusso che devono essere rappresentate:

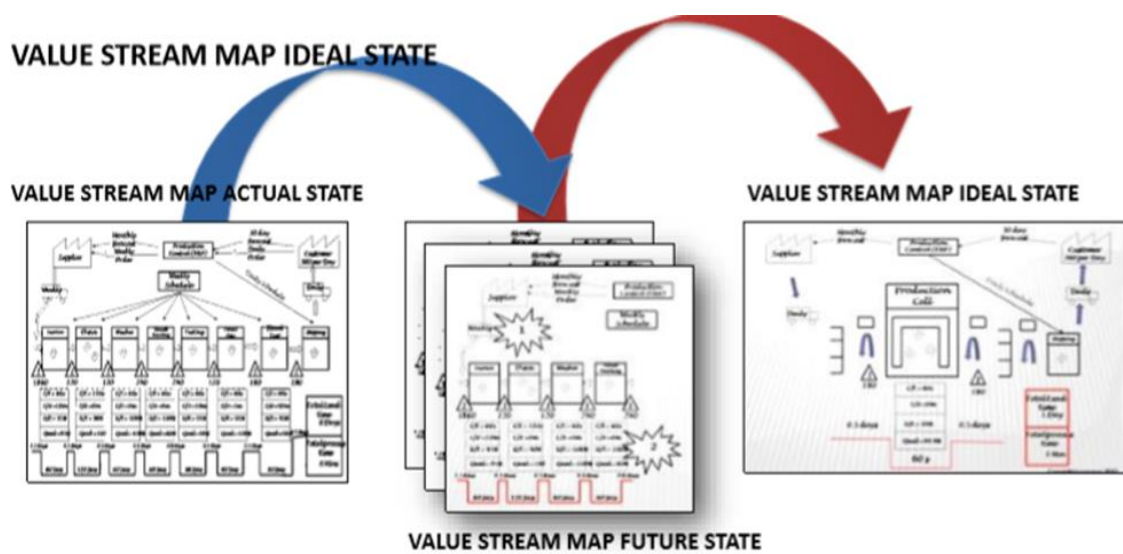
- 1) Il flusso dei materiali;
- 2) Il flusso informativo;
- 3) La tempificazione, in termini di "time line" di attraversamento, del processo di trasformazione del prodotto, da materia prima a prodotto finito.

E per ognuna delle fasi, sarà necessario mettere in evidenza dei parametri produttivi fondamentali:

- Tempo di ciclo (tempo tra due uscite successive di prodotto);
- Tempo di set – up (necessario per i cambi produzione);
- Disponibilità (parametro tecnico della macchina, calcolato rapportando il tempo di effettivo funzionamento al tempo di apertura dell'impianto).
- Qualità (calcolato rapportando fra pezzi conformi e tot pezzi prodotti)



Una volta completata la mappatura (current state), andrà disegnata la “linea del tempo”, che ci dice quanto tempo “a valore” è contenuto nel lead time. Uno degli obiettivi del future state sarà diminuire i tempi non a valore, a vantaggio di quelli a valore.



1.4.4 5S

Le 5S sono uno strumento attraverso il quale ottenere pulizia e ordine sul posto di lavoro e incrementare così produttività, qualità e sicurezza. La parola “5S” è l’acronimo dei cinque termini di lingua giapponese che rappresentano i principi fondamentali da applicare sul posto di lavoro e rappresentano altrettanto le 5 tappe di azione per migliorare l’efficienza del lavoro quotidiano: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke.



SEIRI - scegliere e separare

Eliminare qualsiasi cosa che non serve nella postazione di lavoro. Per evidenziare tutto ciò che non serve è necessario, prima di tutto, eseguire una pulizia generale ed accurata dell'area di lavoro, per poi decidere cosa fare di ciò che sarà ritenuto inutile o inutilizzabile.

Per eliminare tutto ciò che non serve è importante operare una razionale classificazione degli oggetti (utensili, attrezzi, materiali...) presenti nell'area di lavoro e nello stesso tempo agire alla fonte delle cause che generano sporco.



SEITON - sistemare e organizzare

Ordinare i materiali in posizioni ben definite per eliminare i tempi di ricerca e cercando di mantenere il tutto in spazi ridotti e ordinati. Sistemare gli strumenti, le attrezzature ed i materiali in modo tale che “chiunque” possa vedere dove si trovano, possa facilmente prelevarli, adoperarli, e rimmetterli al loro posto. L’obiettivo infatti è quello di ridurre al minimo il numero degli oggetti da tenere, senza provocare arresti o ritardi nella produzione.

Un metodo è quello di realizzare delle sagome identificative dell’utensile sul pannello attrezzi e/o associare con un’etichetta il suo nome. Questa banale quanto efficace soluzione permette l’identificazione immediata dell’utensile in quel momento necessario riducendo i tempi; permette di rilevare immediatamente mancanze che vanno ripristinate e, inoltre, in linea generale all’operaio vengono forniti esclusivamente gli utensili necessari al lavoro che deve eseguire in modo da evitare possibili confusioni.

Esempio pratico del Seiton:





SEISO – controllare ordine e pulizia

Pulire e ordinare sistematicamente le varie aree di lavoro; di fatto l'attività di pulizia non consiste solo nell'eliminazione dello sporco da macchine ed attrezzature, ma nella verifica ed eliminazione di eventuali problemi.

Infatti mediante la risistemazione degli utensili, la pulizia del proprio posto di lavoro, l'eliminazione di tutto quello che non serve è possibile accorgersi di tutta una serie di problemi quali mancanze, parti rotte, malfunzionamenti delle macchine, ecc.



SEIKETSU - Standardizzare e migliorare

Una volta raggiunto il livello di ordine ideale della propria postazione, bisogna mantenere tale livello immutato e conservato nel tempo. Per poter aiutare tale conservazione della pulizia è possibile implementare dei controlli ispettivi periodici, è possibile “educare” gli operai a elencare e riferire tutte le mancanze e inesattezze che rilevano con il loro operato.

SHITSUKE – Sostenere nel tempo e migliorare sempre



Grazie all'analisi continua dei problemi, all'identificazione delle contromisure ed al continuo monitoraggio delle prestazioni, si realizza in pratica il concetto di miglioramento continuo.

Questa è la "S" più difficile da applicare, in quanto si tratta di “educare” l’operaio. Si deve cercare di spingere l’operaio all’autocontrollo della propria postazione di lavoro. Questa forzatura all’autocontrollo rappresenta poi un incentivo per l’operaio non solo a migliorare se stesso ma anche a migliorare le condizioni di lavoro a livello più generale, garantendo anche un incremento della sicurezza.

1.4.5 Standard Work

Lo “Standard Work” ovvero il “Lavoro Standard” serve a definire tutte le procedure che l’operaio deve svolgere all’interno del processo produttivo. Per poter definirle è necessario avvalersi di tre parametri:

- Il Takt Time
- La sequenza di lavoro, rappresenta l’elenco sistematico di tutte le procedure che l’operaio deve svolgere all’interno del periodo di tempo definito dal takt time.
- Le apparecchiature standard, che servono ad agevolare il lavoro dell’operaio in modo da terminarlo entro il lasso di tempo del takt time.

Lo standard work viene definito mediante la registrazione dei tempi reali che l’operaio impiega nello svolgimento delle sue mansioni e viene confrontato con il tempo Takt time che è proveniente da una valutazione più teorica. Inoltre questi tempi vengono continuamente riveduti e corretti ogni volta che si opera un’ottimizzazione del posto di lavoro mediante l’applicazione del Kaizen.

1.4.6 Poka-Yoke

È uno strumento Lean utilizzato per raggiungere lo zero difetti e finalmente eliminare le ispezioni di controllo qualità.

Poka significa errore involontario, Yoke deriva dal verbo Yokeru, evitare:

"A prova di guasto";

"A prova di stupido";

E' una tecnica per evitare semplici errori umani, di fatto risulta essere un dispositivo o forma di un oggetto che, ponendo dei limiti al modo in cui una operazione può essere compiuta, forza l'utilizzatore ad una corretta esecuzione della stessa.

Dietro al Poka-Yoke vi è la convinzione che non è accettabile produrre anche un solo pezzo difettoso. Si va a trovare una soluzione talmente banale da sembrare stupida, però elimina del tutto qualsiasi possibilità di errore.

Esempio:



1) sappiamo in quale spina mettere la presa grazie al colore.

2) sappiamo in quale posizione mettere la chiavetta USB guardando la forma.

3) La forma della sim card del proprio cellulare per non inserirla da un lato sbagliato presentano uno degli angoli smussati.



Le fonti di difetti principali nelle celle sono, solitamente:

- Omessa lavorazione
- Errori di lavorazione
- Parte mancante
- Lavorazione del pezzo errato
- Strumenti e maschere approntati non adeguatamente.
- Errore nell'operazione
- Errore nella regolazione e calibratura
- Attrezzature messe a punto non correttamente
- Parte errata

I progettisti di prodotto e di processo devono ideare nelle prime fasi del progetto tali sistemi, ad esempio analizzando il prodotto ed il processo. Oggi, con la possibilità di utilizzare meccanismi automatici di segnalazione, Poka Yoke si sviluppa sempre di più tramite segnali luminosi (gestione a vista Andon) o sonori, o di blocco linea e tramite la progettazione di particolari attrezzature per la cella.

1.4.6 JUST IN TIME

L'espressione "Just in time" indica un modello di gestione industriale, di origine giapponese, che prevede che venga prodotto soltanto ciò che è necessario, nella quantità necessaria e quando richiesto, allo scopo di ridurre ogni potenziale spreco risultante dalle attività di produzione, immagazzinamento e fornitura. Questo significa che la produzione è tirata dall'ordine del cliente (PULL) ed estremizzando i lotti di produzione possono essere ridotti fino ad un unico pezzo (concetto del "one piece flow").

Come visto in precedenza si presentano due ottiche diverse nel mercato:

Un'ottica "push" dove la produzione si basa sulla previsione della domanda (MRP) e ciò porta spesso alla realizzazione di una sovrapproduzione inutile e che rappresenta perciò uno spreco. E un'ottica "pull" dove il materiale viene tirato direttamente dal cliente (JIT).

Confronto tra ottica PUSH e PULL:

- Il sistema di gestione "push" e, quindi l'MRP, ragiona prendendo le informazioni dal mercato e realizza delle previsioni sulla domanda e degli ordini. Poi queste previsioni vengono "spalmate" su tutto il processo produttivo fino a giungere ai fornitori.

Le varie attività vengono perciò pianificate secondo del loro lead time poi, iniziando dai fornitori, partirà la produzione con garanzia sulla data di consegna.

- In un'ottica "pull" quando nel mercato nasce una richiesta bisogna già essere pronti per soddisfarla, riducendo il tempo di risposta nel più breve lasso di tempo possibile.

Il processo produttivo è già organizzato in maniera tale che la richiesta si riversa solo alla fine dello stadio già a monte e non su tutto il processo. A questo punto la situazione che si ha allo stadio n+1 risulta alterata e va perciò ripristinata. Per ripristinare la situazione iniziale lo stadio n+1 diventa cliente di quello immediatamente più a monte. E questo processo si ripete fino all'ultimo stadio più a monte (fornitori).

Operando in questa maniera è possibile eliminare gli sprechi, i materiali in lavorazione e rendere più lineare la produzione, migliorando la qualità del prodotto e del sistema di produzione nel suo complesso dai fornitori, partirà la produzione con garanzia sulla data di consegna.

| TRADIZIONE | Just In Time |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| La qualità costa | La qualità non costa |
| I progettisti e i manager sono gli esperti, e i lavoratori ubbidiscono loro | I lavoratori sono gli esperti, mentre i progettisti e i manager costituiscono il loro supporto. |
| Gli errori sono comunque presenti e gli scarti che ne conseguono vanno esclusi dalla fornitura del cliente | Gli errori rappresentano l'esperienza che porta al miglioramento del processo produttivo fino all'annullamento degli errori. |
| Le scorte aiutano e consentono che la produzione proceda senza intoppi | Le scorte costituiscono uno spreco e vanno perciò eliminate. |
| Lotto di tipo economico | Lotto piccolo e possibilmente tendente ad un pezzo singolo. |
| Code di semilavorati (Work in progress) utili per mantenere un'elevata utilizzazione dei materiali | Non devono essere presenti code di semilavorati perché la produzione deve essere sempre puntuale. |
| L'automazione è importante perché riduce la componente lavoro nel prodotto | L'automazione è importante perché incrementa la qualità del prodotto finito |
| La riduzione dei costi è dovuta ad una maggiore automazione della produzione | La riduzione dei costi è dovuta alla maggiore velocità del ciclo di produzione |
| I materiali vengono "spinti" dall'ingresso all'uscita dalla fabbrica | I materiali vengono "tirati" dall'uscita all'ingresso. |
| Componenti "intermedi" (non ultimati) sono necessari. | Tutto ciò che non aggiunge direttamente valore è da considerarsi uno spreco. |
| La produzione procede a grandi passi e eventuali interruzioni devono essere prevenute | La produzione procede a piccoli passi, in modo costante in modo da limitare le interruzioni. |
| Fornitori numerosi | Fornitore singolo |
| I solleciti sono accettabili | I solleciti sono un male |
| Bisogna adattarsi alla velocità e alla Confusione. | La pazienza è fondamentale |

Ci sono tre tipi fondamentali del sistema pull:

- 1) Supermarket Pull System: E' il modello più semplice di pull in cui ogni processo ha un suo punto di prelievo, detto supermarket, che tiene una determinata quantità del prodotto che il processo produce. E ogni processo deve semplicemente ripristinare la quantità prelevata.

Ogni volta che il materiale viene ritirato dal processo a valle, deve arrivare immediatamente tale informazione (prelievo) a monte. Ciò avviene fisicamente con l'utilizzo di un cartellino (Kanban) o un altro tipo di segnale contenente le informazioni sul prodotto prelevato e che va ripristinato.

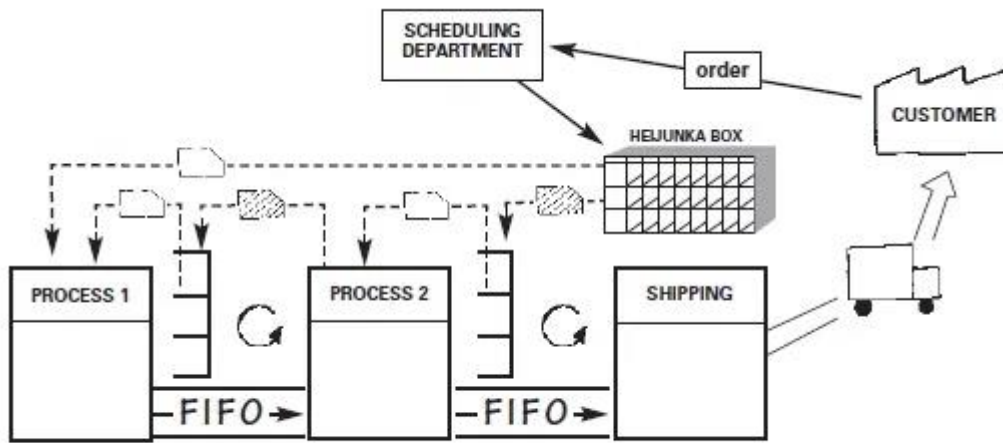
- 2) Sequential Pull System: Quando il numero di componenti da tenere a supermarket è elevato oppure se posseggono dimensioni elevate o costi elevati, è possibile realizzarli "su ordinazione".

In un sistema sequenziale, la programmazione della produzione deve determinare il corretto mix e quantità dei prodotti da produrre. Ciò può essere fatto mettendo i cartellini kanban nelle scatole heijunka, solitamente all'inizio di ogni turno. Queste istruzioni produttive poi vengono inviate alla attività più a valle del flusso di valore.

Questo viene spesso fatto con un elenco sequenziale, dove ogni processo seguente produce semplicemente in sequenza di consegna i pezzi che gli arrivano dal processo a monte. FIFO (First In First Out – "Il primo che entra è il primo che esce") deve essere mantenuto in tutto il flusso.

Per far funzionare questo sistema in maniera efficiente, il percorso degli ordini dei clienti deve essere ben compreso. Se gli ordini sono difficili da prevedere, o i tempi produttivi sono molto brevi (meno rispetto al Lead time dell'ordine) oppure ci deve essere un adeguato stock del prodotto finito. Tutto questo richiede una forte leadership per mantenerlo, e il miglioramento può essere una grande sfida per chi opera nel processo.

- 3) Mixed Pull System: Rappresenta la combinazione dei due sistemi precedenti. Questa soluzione prevede il simultaneo utilizzo del supermarket e di una gestione "su ordinazione" per una parte dei componenti.



Mixed Supermarket and Sequential Pull System.

CAPITOLO 2: TPM

2.0 Introduzione alla TPM

Sia la Lean Production che la TPM si sono evolute parallelamente dai loro primi concetti e stanno convergendo verso un obiettivo comune. Entrambe sono approcci a livello aziendale e non insiemisti ristretti di tecniche, infatti hanno ottenuto risultati significativi fornendo soluzioni pratiche a diversi problemi aziendali : se la "Lean Thinking" ha strumenti per progettare catene di approvvigionamento efficienti, la TPM dispone di strumenti per migliorare l'efficacia della catena di approvvigionamento. La combinazione di questi approcci migliora sia l'efficienza operativa che l'efficacia organizzativa (dal libro "lean tpm - un progetto per il cambiamento" di Dennis McCarthy e il dott. Nick Rich).

Soffermiamoci su quelli che sono gli strumenti e metodi alla base della lean production che sono stati ereditati ,grazie alle esperienze degli anni '80 delle eccellenti aziende giapponesi(in particolar modo da Toyota),grazie ai quali otteniamo una riduzione continua degli sprechi.

Essi sono:

- CELLULAR MANUFACTURING
- HEIJUNKA
- JIT: Just In Time
- KAIZEN
- KANBAN/SISTEMA "PULL"
- METODO delle "5S" - Seiri (selezionare e eliminare); Seiton (mettere in ordine utensili, strumenti e materiali); Seiso: (pulire); Seiketsu (definire lo standard); Shitsuke (disciplina, mantenere e migliorare gli standard)
- POKA-YOKE
- SMED - Single Minute Exchange of Die

- TAKT TIME
- TPM - Total Productive Maintenance.

In particolar modo vogliamo soffermarci su quest'ultimo: Total Productive Maintenance.

2.1 ORIGINE DEL TPM

Il TPM si è sviluppato per rendere le macchine estremamente efficienti e per poter attuare il just in time mediante la tecnica pull. Ad oggi il TPM è usato in tutto il mondo da ogni azienda che ha come obiettivo quello di aumentare la capacità dei propri mezzi e attuare una produzione di tipo lean. È avvenuto un superamento della contrapposizione fra le funzioni quali progettazione, produzione, manutenzione e si è incominciato a suddividere e condividere le responsabilità, infatti, inizia a svilupparsi l'idea che una corretta gestione della manutenzione possa non soltanto ridurre costi ma anche generare profitto. Avviene una rivoluzione nel modo di intendere il rapporto tra manutenzione e produzione che porta ad un cambiamento a livello organizzativo: a tutta l'azienda, dai vertici fino all'operatore di linea, è infatti richiesto di partecipare alla conservazione, al corretto utilizzo ed al miglioramento delle macchine e dell'ambiente di lavoro. Si afferma quindi, grazie agli studi di Seichii Nakajima pubblicati in Giappone nel 1971, la filosofia del Total Productive Maintenance.

Il TPM ha infatti come intento principale quello di superare le tradizionali divisioni fra manutenzione e produzione, per ottenere un sistema integrato dove gli operatori di produzione sono direttamente responsabili del mantenimento delle corrette condizioni di funzionamento degli impianti presso cui si trovano a svolgere il proprio lavoro, attraverso alcune semplici attività di manutenzione autonoma. Questa attribuzione di responsabilità deriva dal fatto che sono gli operatori a conoscere meglio di chiunque altro lo stato di salute delle macchine, avendo a che fare con quest'ultime per gran parte della propria giornata lavorativa. La manutenzione non si esaurisce più, quindi, nel singolo intervento operativo e occasionale, bensì l'obiettivo è portare al minimo le emergenze e gli interventi manutentivi non programmati.

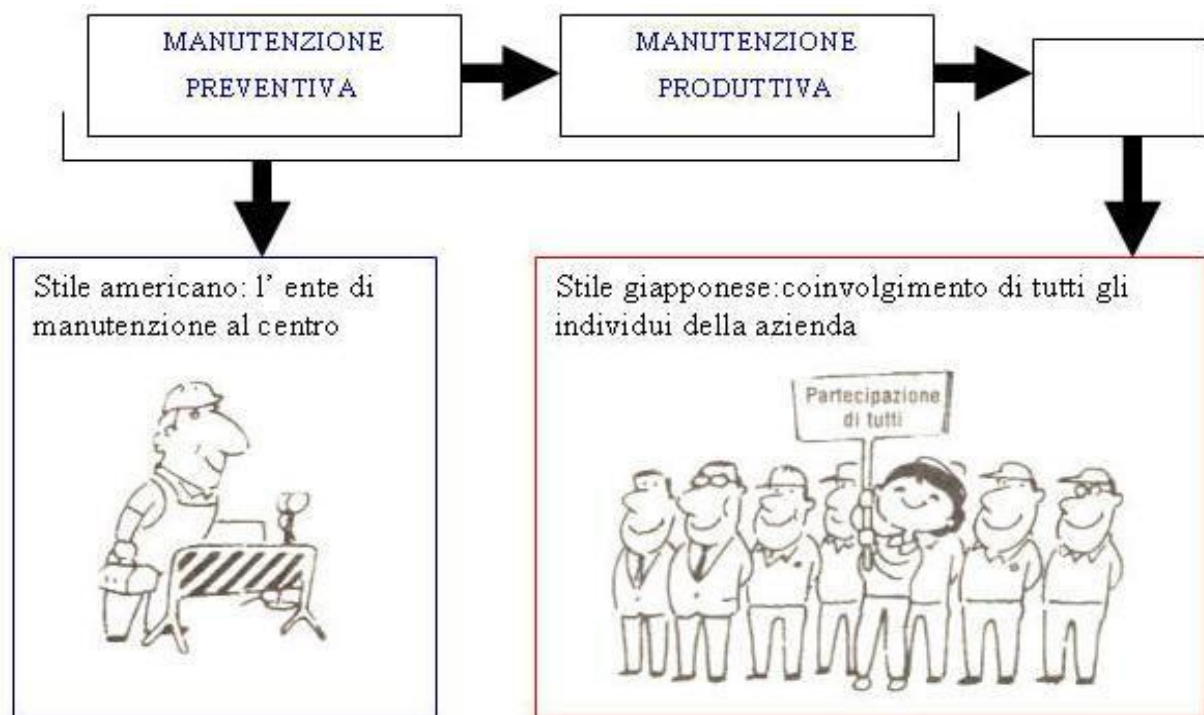
In questo modo si cerca di seppellire i principi di Adam Smith sulla divisione del lavoro che diventa obsoleto e viene rimpiazzato dal motto:

“siamo TUTTI responsabili delle nostre macchine e del valore che esse contribuiscono a generare”

In questo modo il TPM coinvolge tutti i livelli delle funzioni principali aziendali quali:

la produzione, la manutenzione, Engineering / ufficio tecnico impianti.

Passiamo in questo modo da una manutenzione tradizionale tipicamente americana (Productive/preventive Maintenance) in una politica di stile giapponese fondata sulle attività dei piccoli gruppi che coinvolgono in maniera trasversale tutti i livelli aziendali, dal vertice fino al personale di prima linea .



Dall'approccio americano si passa all'approccio giapponese.

Il TPM (Total Productive Maintenance) rappresenta quindi una strategia di manutenzione basata sull'idea che chiunque operi all'interno di un'azienda dovrebbe partecipare alla manutenzione di macchinari e di impianti produttivi, aiutando il team di manutenzione a svolgere il proprio lavoro nel miglior modo possibile.

In questo senso, più che una strategia di manutenzione, il Total Productive Maintenance (TPM) rappresenta una vera e propria filosofia, un approccio globale adottato da un'azienda con l'obiettivo comune del **miglioramento continuo**, creando così le condizioni per

l'ottimizzazione del lavoro, la riduzione degli sprechi e il raggiungimento dei più alti livelli di efficienza.

Analizzando nello specifico il significato di TPM possiamo individuare due elementi chiave nella sua nomenclatura che ci permettono di fornire una panoramica più specifica:

- “PRODUCTIVE MAINTENANCE” si intende quella tipologia di manutenzione focalizzata sulla manutenibilità e affidabilità delle macchine nonché sulla riduzione dei costi di manutenzione. L'obiettivo è di aumentare la produttività di un'impresa riducendo i costi totali dei macchinari lungo tutto il suo ciclo vita, dalla progettazione alla fabbricazione, alla sua operatività e manutenzione, nonché le perdite legate al suo degrado.
- “TOTAL” si riferisce a 4 elementi:
 1. L'efficienza totale ovvero l'efficienza economica, di profittabilità e delle macchine(OEE). Tale elemento include pertanto aspetti di produttività, costi, qualità, sviluppo e sicurezza.
 2. La manutenzione totale ovvero la manutenzione di tutti i macchinari durante il loro intero ciclo di vita. Ciò include politiche di manutenzione preventiva nonché di miglioramento della manutenibilità.
 3. La partecipazione totale ovvero la partecipazione di tutte le risorse all'interno dell'azienda anche mediante le attività di piccoli gruppi di lavoro.
 4. Il coinvolgimento totale ovvero il coinvolgimento di tutte le funzioni aziendali virgola in primo luogo attraverso un rapporto sinergico tra manutenzione produzione per un miglioramento continuo delle qualità , dell'efficienza operativa, della produttività e della sicurezza.

Gli obiettivi principali del TPM Total Productive Maintenance sono:

- **Riduzione degli interventi di manutenzione non pianificati:** Attraverso un'attenta pianificazione della manutenzione programmata, è possibile incrementare sensibilmente il ciclo di vita dei nostri assets ed evitare – oltre ad arresti inaspettati – anche piccole

perdite di produttività dovute a micro fermate non ascrivibili in veri e propri fermi macchina e di cui non è sempre semplice tenere traccia se non con un software manutenzione CMMS o EAM.

- **Riduzione dei fermi macchina:** Incrementando il numero di interventi pianificati, di manutenzione programmata e di manutenzione preventiva conducono ad una diminuzione del numero di fermi macchina veri e propri. Implementando strategie di manutenzione proattiva, guasti e fermi macchina sono ridotti al minimo.
- **Riduzione dei costi di produzione:** Migliorando l'OEE (Overall Equipment Effectiveness) i costi di produzione si riducono. Un incremento della produzione conduce a profitti più alti e riduce le spese dovute ai fallimenti dei macchinari e ai tempi di riparazione, oltre a quelli di rilavorazione dei prodotti non conformi agli standard stabiliti dall'azienda.
- **Miglioramento della sicurezza sul lavoro:** Dal momento che il TPM poggia sul metodo 5S, il luogo di lavoro deve essere sistematicamente organizzato e pulito (Straight e Shine sono le due S coinvolte, ma lo vedremo meglio tra poco). Ciò è importante per migliorare l'efficienza del team di manutenzione, scoprire nuove problematiche e assicurare un ambiente adatto al lavoro.
- **Ottimizzazione delle risorse:** A partire dal team di manutenzione, il TPM permette di coinvolgere tutta l'azienda all'interno dei processi di manutenzione, liberando risorse in modo tale che i tecnici possano concentrarsi su interventi manutentivi per cui sono richieste maggiori competenze.

2.2 CAMPI D'AZIONE DEL TPM

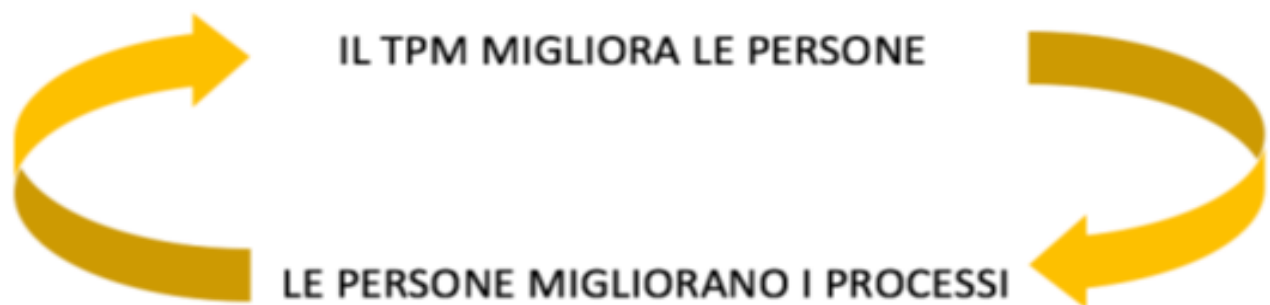
I campi d'azione del TPM possiamo articolare li su un piano organizzativo e tecnologico.

Dal punto di vista organizzativo, il TPM stimola il processo di appropriazione della gestione della macchina da parte del conduttore o macchinista.

Dal punto di vista tecnologico l'obiettivo è il miglioramento della capacità della macchina di lavorare in qualità , si punta cioè sull'ingegnerizzazione della manutenzione. Essendo negli ultimi anni notevolmente aumentata l'automazione e livello di complessità delle macchine

presenti in azienda, ha comportato un ingente investimento di capitale da parte delle aziende. Risulta pertanto necessario fare in modo che gli impianti non si fermino mai né per guasti, né per difetti e neanche per qualsiasi altro motivo in quanto eventuali fermate hanno conseguenze pesantissime sui costi.

In passato bastava affidarsi ai servizi della manutenzione che si occupavano di tutto, ad oggi il perfetto funzionamento di un centro di lavoro dipende da un numero molto maggiore di parametri non tutti necessariamente tecnici o rigorosamente di manutenzione. Pertanto capiamo come diventi essenziale riuscire a creare una mentalità per cui siano gli operatori a doversi prendere cura delle loro macchine e pertanto risulta fondamentale che tutto il personale collabori in questo sforzo. L'obiettivo del TPM è quello di massimizzare l'efficienza dei macchinari attraverso la partecipazione e la motivazione di tutti i dipendenti puntando anche sulla soddisfazione e sulla morale di questi ultimi.



In sintesi la TPM si occupa:

- Della manutenzione: riguarda l'ottimizzazione delle politiche manutentive a favore della manutenzione autonoma
- Della sicurezza: in quanto assicura zero incidenti e la tutela dell'ambiente
- Della qualità: riduce gli effetti e diminuisce i reclami da parte dei clienti
- Della produzione: consiste nell'aumento della produttività e della riduzione delle fermate

Affinché venga creata questa inversione di tendenza si rende innanzitutto necessario cambiare la mentalità delle persone e solo allora si potrà pensare ad un miglioramento strutturale dell'

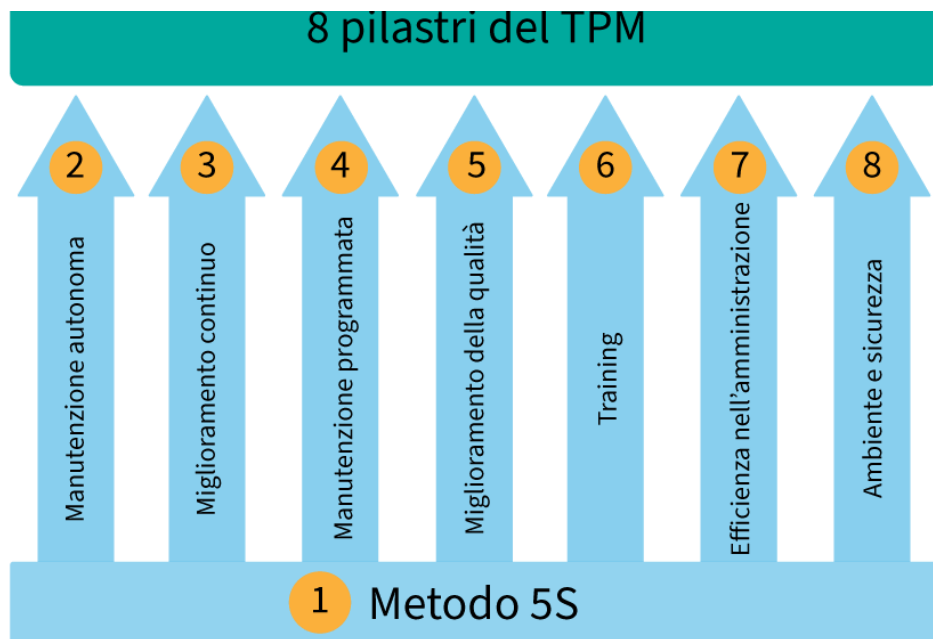
impianti ed ottenere la riduzione delle partite. Grazie al miglioramento delle persone e delle impianti sarà di conseguenza possibile migliorare le aziende e renderle capaci di affrontare tutti i cambiamenti che nuovi scenari di mercato impongono.

2.3 GLI 8 PILASTRI DEL TPM

Il TPM (total productive maintenance) mira dunque alla massimizzazione della capacità produttiva di macchine e impianti attraverso un processo di miglioramento continuo volto alla riduzione degli sprechi e delle perdite che possono verificarsi durante le varie fasi di produzione.

In particolare Nakajima individua **8 pilastri** su cui si fondano i valori e le operazioni necessarie per adottare e implementare correttamente il total productive maintenance all'interno di un'azienda.

Vediamoli nel dettaglio.



2.3.1 Le 5S

Come accennato in precedenza, alla base della filosofia TPM (total productive maintenance) sta il metodo 5S. Quest'ultimo rientra perfettamente nelle logiche di lean production e lean

manufacturing volte a snellire i processi di produzione ottimizzandoli in un processo di miglioramento continuo.

Detto ciò, dovrebbe essere chiaro a tutti il motivo per cui il metodo 5S rappresenti uno e forse il primo dei pilastri del TPM.

Inoltre, è bene precisare come, per loro stessa natura, le 5S riguardino principalmente azioni che possono compiere gli operatori addetti ad un macchinario o ad un impianto, anziché il team di manutenzione.

Vediamo nello specifico quali sono le 5S:

Sort (Sgomeberare): La prima delle 5S consiste nel riuscire a classificare gli strumenti di lavoro in modo tale da identificare quelli che hanno bisogno di essere sostituiti.

Straighten (Sistemare): Garantire una postazione di lavoro ordinata, in cui gli strumenti che verranno utilizzati con maggiore frequenza siano facilmente raggiungibili rappresenta la seconda delle 5S che, per praticità, abbiamo tradotto con il verbo sistemare, o mettere in ordine.

Shine (Splendere): La terza delle 5S riguarda la pulizia della propria postazione di lavoro. Significa pulire accuratamente e in modo sistematico la propria postazione.

Standardize (Standardizzare): Standardizzare e pianificare le attività sopra elencate rappresenta la quarta delle 5S, con la quale – in sostanza – si precisa che le operazioni precedenti devono necessariamente diventare una procedura sistematica per ogni operatore che lavora ad un impianto.

Sustain (Sostenere): La quinta delle 5 S si riferisce alla necessità di supportare il processo nel lungo termine. Senza tale costanza, infatti, ogni sforzo compiuto sarebbe vanificato prima ancora di dare risultati tangibili.

L'approccio 5S consiste dunque nella pulizia dello spazio di lavoro, nell'organizzazione della strumentazione disponibile in modo tale da mettere gli operatori nella posizione di poter svolgere il proprio lavoro nel miglior modo possibile e identificare più facilmente possibili problematiche (sempre nell'ottica del miglioramento continuo).

2.3.2 Manutenzione Autonoma

La manutenzione autonoma, nota anche con il termine automanutenzione, è uno degli aspetti principali e di vera innovazione portati dal TPM e può essere definita come il complesso delle attività di manutenzione e conduzione svolte dal personale di produzione.

Piccoli interventi di manutenzione possono essere effettuati direttamente dall'operatore addetto ad un macchinario o impianto. Ciò permette da una parte di responsabilizzare gli operatori stessi (valore necessario per l'adozione di logiche e metodi di manutenzione TPM) e dall'altra di ridurre il carico di lavoro del team di manutenzione, lasciandolo libero di concentrarsi su quelle problematiche che richiedono maggiori competenze.

Il concetto chiave dell'automanutenzione è appunto quello di far "crescere" gli operatori macchina, ed incrementare il loro know-how ed abilità assegnando loro l'esecuzione di attività base di manutenzione (pulizia "intelligente", lubrificazione, serraggi, piccole riparazioni, settaggi elementari, ispezioni programmate, ecc.). In tal modo, gli operatori imparano a "conoscere" bene le macchine, e sono presto in grado di individuare segnali anche deboli di "logorio" ed "usura", fin dagli stadi iniziali. Il che assicura interventi manutentivi più tempestivi e previene la crescita ed il propagarsi del deterioramento.

Attraverso una corretta implementazione di tale approccio è possibile:

- misurare il degrado, attraverso sistematiche ispezioni giornalieri ed il controllo delle condizioni operative;
- prevenire il degrado, attraverso una corretta gestione delle anomalie ed una sistematica esecuzione di azioni pulizia, lubrificazione, serraggi e regolazioni minori;
- rimediare al degrado, rilevando le anomalie prontamente, studiandone le opportune contromisure, ed eseguendo piccole riparazioni preventive.

La parola d'ordine per gli operatori deve essere quindi "Prendersi cura personalmente dei propri impianti", diventando protagonisti sul lavoro (Tabella 2.2).

NUOVO PROFILO DEL CONDUTTORE

- Conduttore- manutentore
- È in grado di “prendersi cura” della macchina a lui affidata, svolgendo, oltre alla normale attività di conduzione, anche piccoli interventi di manutenzione

NUOVO RUOLO DEL MANUTENTORE

- Manutentore d'area polivalente
- Allarga le proprie conoscenze e competenze ed è in grado di valutare gli effetti che l'attività manutentiva ha sul processo produttivo

Tabella 2.2 – Il nuovo ruolo dell'operatore e del manutentore.

Obiettivi della manutenzione autonoma

La missione dei reparti produttivi consiste nel fabbricare prodotti di buona qualità in modo economico e veloce, in modo da massimizzare la produttività e l'efficienza dell'impianto; di conseguenza uno degli aspetti più critici per il perseguimento di tali obiettivi è l'individuazione tempestiva delle anomalie a cui sono soggetti gli impianti, e la successiva risoluzione delle stesse.

Il deterioramento delle macchine è il risultato della composizione di due fattori congiunti:

- deterioramento naturale;
- deterioramento forzato (cattiva gestione/uso).

Conseguentemente, gli obiettivi che ci si prefigge con l'implementazione di un programma di manutenzione autonoma sono quelli di:

- prevenire il deterioramento forzato delle macchine e rallentare quello naturale attraverso controlli e piccoli interventi di manutenzione giornalieri;
- riportare le macchine al loro stato ideale mediante la sostituzione dei componenti deteriorati;
- stabilire le condizioni necessarie a mantenere le macchine in buon stato.

Attività tipiche

Svolgere attività di manutenzione autonoma significa prendersi cura personalmente delle

macchine, partendo dalla pulizia della postazione di lavoro, per arrivare all'esecuzione di ispezioni di alcuni componenti, riparazioni di semplice esecuzione, lubrificazione delle parti in movimento, sostituzioni di componenti, monitoraggio dello stato di salute, ecc.

Tali attività di manutenzione giornaliera di controllo ed eliminazione delle fonti di contaminazione, finalizzate ad arrestare il deterioramento forzato, sono affidate agli operatori di linea. Infatti, nessuno più di loro ne conosce meglio le condizioni di funzionamento ed è in grado di percepirne i segnali, spesso deboli, premonitori di un guasto imminente.

La manutenzione autonoma si traduce quindi nelle attività:

- pulizia delle attrezzature per assicurarne il corretto stato di funzionamento e facilitarne

l'individuazione delle anomalie (5S);

- lubrificazione e l'ingrassaggio degli elementi meccanici per evitarne o ritardarne

l'usura e ridurre le perdite di energia;

- ispezione quotidiana dei propri impianti (Visual Control);
- visite sistematiche per regolazioni, riavvitamento dei bulloni, piccoli interventi, ecc.;
- riparazioni e sostituzioni di componenti guasti o difettosi;
- controllo delle tolleranze e delle condizioni di funzionamento.

Ruolo della formazione

Spesso gli stessi operatori non sono sufficientemente motivati a scoprire, prevenire, riportare gli inconvenienti di macchine e impianti. Non si sentono abbastanza preparati dal punto di vista tecnico e tendono a subire piuttosto che a dominare i fenomeni quotidiani che si verificano nei reparti di produzione.

Per far fronte a queste problematiche occorre formare operatori di produzione esperti di impianti, capaci, se insorgono problemi relativi agli impianti nel proprio reparto, di fronteggiare l'emergenza e ripristinare il più velocemente possibile la produzione.

Affinché ciò sia possibile occorre che il leadership sia in grado di:

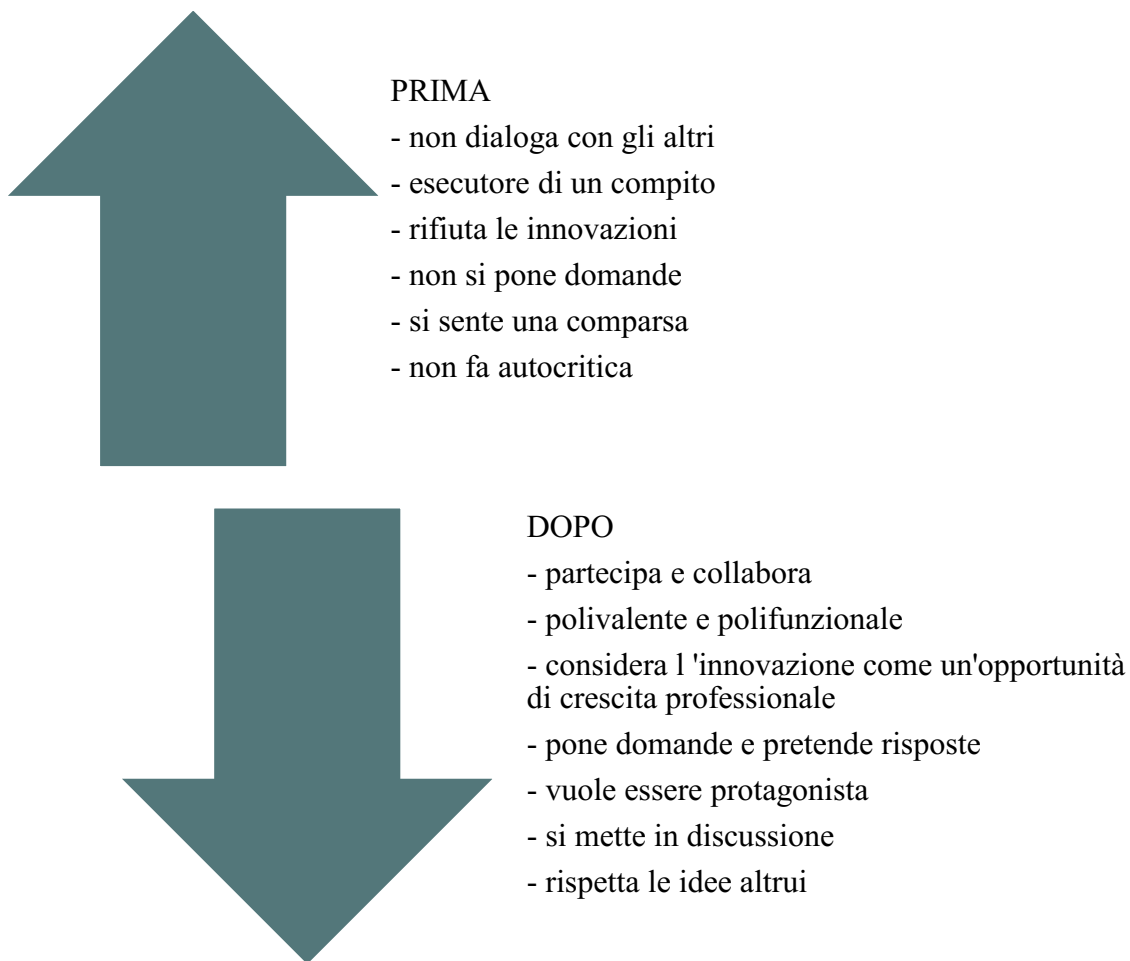
- formare operatori che siano esperti di impianti e macchinari, capaci di scoprire le anomalie, risolverle e ripristinare le normali condizioni di funzionamento;

- far comprendere l'importanza delle pulizie come mezzo di ispezione e di prevenzione delle anomalie dei macchinari;
- dare indicazioni per realizzare migliorare impianti e attrezzature;
- gestire il problema della lubrificazione in fabbrica;
- stimolare l'attività di gruppi di miglioramento e la loro formazione.

Similmente occorrerà riconsiderare il rapporto tra i temi di crescita professionale, sia in termini di capacità di ispezione e diagnostica che di capacità tecniche, e gli attuali criteri di organizzazione del lavoro operaio, che sanciscono attualmente una netta divisione e parcellizzazione dei compiti tra gli operatori di produzione ed manutentori, inquadrandone in maniera rigida le mansioni e le fasce retributive.

È necessario rendersi conto che il differenziale competitivo è generato dagli uomini che operano in azienda, ecco quindi che il TPM, come tutte le attività che provengono dall'oriente, si indirizza proprio sulla crescita continua delle competenze/capacità delle persone che operano nella fabbrica, sulla quali bisogna investire in termini di formazione e crescita professionale (schema 2.3).

La crescita dell'operatore



schema 2.3 – la crescita dell'operatore.

Fasi della manutenzione autonoma

L'approccio alla manutenzione autonoma è graduale, un passo dopo l'altro, in modo da definire chiaramente tutte le fasi e permettere audits alla fine di ogni step.

I passi per implementare e consolidare la manutenzione autonoma sono sette, come illustrato nella tabella riportata di seguito. I primi tre si prefiggono di eliminare le cause di deterioramento forzato, sostituire parti usurate, stabilire e mantenere le condizioni di base delle macchine; nei passi quattro e cinque i team leaders istruiscono gli operatori circa le procedure di ispezione con cui si dovranno ridurre i guasti ed aiutano il personale di produzione a comprendere i meccanismi di funzionamento delle macchine e del processo. Infine, i passi sei e

sette sono ideati per diffondere e sviluppare i concetti riguardanti le attività della manutenzione autonoma attraverso la standardizzazione dei sistemi e dei metodi.

L'obiettivo risultante finale è quello di creare standard di pulizia e lubrificazione. La Tabella 2.4 riporta, oltre ai passi per la completa realizzazione, i concetti più importanti per ciascuno di essi.

| STEP | OBIETTIVI |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ispezione e pulizia iniziale | Eliminazione completa di sporco e macchie soprattutto sulla parte principale degli impianti. Lubrificazione e serraggi. Scoperta degli inconvenienti degli impianti e relativo ripristino. |
| Eliminazione delle fonti di contaminazione e dei luoghi non accessibili | Prevenzione di sporco e macchine. Miglioramento dei posti di difficile accesso per pulizia e lubrificazione. Riduzione dei tempi di pulizia e lubrificazione. |
| Creazione degli standard di lubrificazione e pulizia | Elaborazione di standard in modo da svolgere pulizia, lubrificazione e serraggi in tempi brevi |
| Condurre l'Ispezione Generale dell'impianto | Formazione delle competenze tecniche per l' ispezione seguendo il manuale delle ispezioni. Individuazione delle piccole imperfezioni attraverso l'implementazione dell'ispezione |
| Sviluppare l'Ispezione Generale dell'impianto | Ispezionare, rivedere e migliorare il processo produttivo mediante l'utilizzo di liste di controllo per l'ispezione autonoma |
| Sistematicizzare la Manutenzione Autonoma | Standardizzazione delle voci di gestione nei vari reparti e creazione di un sistema completo di mantenimento. |

| | |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Completa realizzazione della manutenzione autonoma | <p>Registrazione regolare dell'analisi MTBF seguendo la politica aziendale, lo sviluppo degli obiettivi e le attività di miglioramento</p> <p>Analisi e miglioramento degli impianti</p> |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Tabella 2.4 - Passi per l'Implementazione della Manutenzione Autonoma.

Fase 1: Ispezione e pulizia iniziale

La pulizia è il punto di partenza della buona manutenzione. Consente di effettuare un'ispezione, che può portare a scoprire ed eliminare anomalie altrimenti nascoste. Risolvendo gli inconvenienti emersi possono essere attuate modifiche o contromisure per evitare le cause che gli hanno prodotti: in questo modo si innesca il circolo virtuoso del miglioramento continuo.

La realizzazione di questa fase consente di riportare la macchina esattamente allo stato originario (situazione ideale): è infatti importante che avvenga il ripristino dell'impianto alle normali condizioni di funzionamento.

Questa fase, apparentemente semplice ed ovvia, costituisce un primo passo verso la conoscenza della macchina e delle sue corrette condizioni di funzionamento.

Il primo step verso l'implementazione della Manutenzione Autonoma può essere sintetizzato nei seguenti punti:

- La pulizia è l'ispezione
- l'ispezione è scoperta degli inconvenienti;
- gli inconvenienti sono il punto di partenza e lo stimolo per il ripristino dei macchinari per il loro miglioramento.

Pulizia non vuol dire semplicemente lucidare le parti principali dell'impianto, le centraline elettriche, le calotte di protezione e così via. Significa eliminare completamente lo sporco che per lunghi anni si è formato anche negli angoli più nascosti. Si devono aprire le diverse calotte di protezione e i vari sportelli di chiusura, si deve estrarre l'olio dal serbatoio, toccare con le mani anche gli angoli più nascosti e mai analizzati, pulirli alla perfezione. Inoltre la pulizia consente di conoscere i vari punti sospetti e di riflettere su come dovevano essere originariamente gli impianti. Le macchine, inoltre, a causa della polvere e della sporcizia, sono

soggette ad un lento degrado che provoca difetti e guasti sulle stesse. Quando si parla di degrado devono essere distinti il degrado naturale da quello forzato:

- In un impianto, anche se utilizzato correttamente, si verifica usura tra componente e componente, nei punti di contatto; In questo modo, col tempo si assiste ad un tipo di degrado che viene chiamato degrado naturale.
- Il degrado forzato invece, è il degrado che avviene per comportamenti non corretti: non vengono puliti i posti da pulire, non vengono lubrificate le zone che necessitano di attività periodiche di lubrificazione, oppure non si interviene nonostante ci siano dei sovraccarichi o rumori ripetuti.

La Tabella seguente identifica le attività tipiche di questo step, gli obiettivi per i macchinari dell'impianto, per gli operatori e l'impegno da parte della direzione.

| ATTIVITA' | OBIETTIVI | | RUOLO DELLA DIREZIONE |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | PER L'IMPIANTO | PER GLI OPERATORI | |
| <p>Eliminare completamente polvere e sporcizia sugli impianti.</p> <p>Lubrificare e stringere i bulloni; scoprire e correggere i piccoli problemi dell'impianto.</p> <p>Pulire e sistemare gli attrezzi e le macchine necessarie.</p> | <p>Prevenire il deterioramento forzato provocato da polvere e sporcizia.</p> <p>Scoprire e correggere piccoli difetti attraverso la pulizia.</p> <p>Rimuovere le cose non necessarie dall'area intorno all'impianto/macchina.</p> <p>Razionalizzare e lubrificazione.</p> | <p>Creare un senso di consapevolezza e padronanza dell'impianto toccandolo e maneggiandolo.</p> <p>Coltivare l'abilità di individuare piccoli difetti dell'impianto</p> <p>Riconoscere l'importanza della pulizia.</p> | <p>Identificare le aree prioritarie da pulire e guidare le attività.</p> <p>Istruire sull'importanza della pulizia (formazione).</p> <p>Preparare delle schede diagnostiche.</p> <p>Assumere responsabilità nelle operazioni e nell'implementazione delle attività.</p> |

Tabella 2.5 – Step 1 della Manutenzione Autonoma: Ispezione & Pulizia Iniziale.

Fase 2: Eliminazione delle fonti di contaminazione e dei luoghi inaccessibili

In questa fase vengono messe in atto tutte le misure per eliminare o diminuire le fonti di contaminazione e ridurre il tempo necessario per ripristinare la pulizia. In questo modo si incentiva l'interesse e la volontà di migliorare gli impianti, attraverso:

- la localizzazione e l'eliminazione delle cause che danno origine a sporco;
- la ricerca e l'eliminazione di perdite di liquidi o polveri;
- la riduzione al minimo delle spazio dove si genera lo sporco;
- la realizzazione di miglioramenti per facilitare la pulizia e le ispezioni.

In questa fase trovano valida applicazione ripari, sportelli di ispezione, sistemi per arrivare rapidamente alla zone interessate, sostituzioni di viti con leve o altri sistemi rapidi di bloccaggio.

Le protezioni consentono di prevenire la dispersione di trucioli, polveri, ecc., in zone della macchina dove lo sporco è presente maggiormente; queste però se estese a grandi aree possono produrre al contrario i seguenti problemi:

- il degrado forzato viene tralasciato e questo provoca l'insorgenza di guasti;
- pulizia, lubrificazione ed ispezioni sono disagiati e, perciò, non è possibile effettuare una manutenzione corretta e si attende il guasto;
- le operazioni di attrezzaggio sono disagiati e comportano tempi lunghi.

Inoltre, oltre agli inconvenienti sopra citati, le protezioni comportano un aumento dei costi di fabbricazione, nonché la necessità di maggiore tempo per la pulizia e l'esecuzione degli interventi di manutenzione autonoma.

Per eliminare questo tipo di inconvenienti è necessario ridurre al massimo le dimensioni delle protezioni e limitare la dispersione dei materiali in una piccola area vicino al punto di origine: di qui il concetto di "localizzazione" delle protezioni in zone specifiche.

| ATTIVITA' | OBIETTIVI | | RUOLO DELLA DIREZIONE |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | PER L'IMPIANTO | PER GLI OPERATORI | |
| <p>Eliminare tutte le fonti di contaminazione che possono causare deterioramento (polvere, sporcizia) e prevenire perdite di olio.</p> <p>Eliminare tutti i luoghi inaccessibili dove sono difficili pulizia ed ispezioni (migliorare le operazioni per abbreviare il tempo necessario alla pulizia ed alle riparazioni).</p> <p>Stabilire priorità delle parti in cui effettuare l'ispezione giornaliera.</p> <p>Confermare il miglioramento continuo ed i suoi effetti.</p> | <p>Facilitare pulizia e ispezione dell'impianto attraverso l'eliminazione delle fonti di polvere e sporcizia nelle aree in cui è difficile la pulizia e l'ispezione.</p> <p>Migliorare la Manutenibilità dell'impianto.</p> | <p>Migliorare continuamente nella messa in pratica di prescrizioni a breve e padroneggiare l'applicazione del metodo e delle concezioni del miglioramento continuo.</p> <p>Fare piacevolmente l'attività di miglioramento continuo (piacere nel lavoro manuale).</p> | <p>Fornire i concetti e mettere in pratica il miglioramento continuo degli impianti.</p> <p>Preparare i criteri di lavoro e gli standard work.</p> <p>Implementare il controllo a vista e le istruzioni sullo sviluppo dei dispositivi.</p> |

Tabella 2.6 – Step 2 della Manutenzione Autonoma: Eliminazione delle fonti di contaminazione e dei luoghi inaccessibili.

Fase 3: Creazione di standard di pulizia e controllo

La realizzazione di standard consente di avere la garanzia che tutti eseguono lo stesso lavoro nello stesso modo e con gli stessi risultati.

I membri del gruppo definiscono in piena autonomia cosa controllare e in che modo farlo;

stabiliscono gli standard (quando, come, dove, chi, perché, con quali strumenti) per le operazioni di serraggio di bulloni, pulizia e lubrificazione degli impianti.

Vengono inoltre migliorate le procedure, ad esempio perfezionando le tecniche di pulizia o introducendo il controllo visivo per la lubrificazione.

La novità portata dalla logica della TPM sta infatti proprio nel fatto che gli standard operativi, che sono poi le regole a cui attenersi, non sono imposte dall'alto, ma ragionate, decise ed accettate dai diretti interessati.

| ATTIVITA' | OBIETTIVI | | RUOLO DELLA DIREZIONE |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | PER L'IMPIANTO | PER GLI OPERATORI | |
| <p>Preparare criteri di azione che consentano una proficua prosecuzione di pulizia, lubrificazione e serraggio in un tempo più breve.</p> <p>Miglioramento continuo nel metodo di ispezione e nel controllo visivo.</p> | <p>Mantenere i tre elementi basilari della manutenzione degli impianti: pulizia, lubrificazione e serraggio.</p> | <p>Stabilire dei criteri di autodecisione e stretta aderenza ad essi.</p> | <p>Preparare standard per le tecnologie e le Tecniche.</p> <p>Chiarire le procedure per studiare come l'impianto deve essere</p> |

Tabella 2.7 – Step 3 della Manutenzione Autonoma: Creazione di standard di lubrificazione e pulizia.

Fase 4: Condurre Ispezioni Generali dei macchinari

Mediante l'ispezione generale si attua un processo organizzativo e culturale che porta ad apprendere il funzionamento delle parti della macchina attraverso l'addestramento da parte di ingegneri e tecnici della manutenzione. Si arriva ad acquisire la capacità di governare i fattori che incidono sulla qualità del prodotto, oltre che ispezionare in autonomia e sicurezza le parti dell'impianto da controllare, sistemando anche eventuali inconvenienti. In particolare gli addetti alla produzione acquisiscono le competenze necessarie per rilevare le anomalie. Per facilitare il compito vengono sviluppate tutta una serie di segnali ed indicazioni da apporre sulle parti dell'impianto (esempio verso di rotazione, posizione aperto-chiuso, livello del liquido, ecc.), noti come strumenti di gestione a vista.

I punti essenziali relativi alle attività di tale step sono:

- la comprensione delle funzioni e della struttura dei propri impianti (formazione trasmessa dai responsabili e capi della manutenzione);
- il cercare di ispezionare gli impianti concretamente, dopo essersi accertati della propria comprensione per mezzo di test;
- il sistemare i nuovi inconvenienti scoperti;
- il procedere attuando completamente una gestione a vista.

| ATTIVITA' | OBIETTIVI | | RUOLO DELLA DIREZIONE |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | PER L'IMPIANTO | PER GLI OPERATORI | |
| <p>Perfezionare le capacità di ispezione, utilizzando manuali di ispezione.</p> <p>Scoprire e ripristinare l'ispezione generale.</p> <p>Preparare standard di ispezione autonoma.</p> | <p>Eliminare i deterioramenti attraverso l'ispezione generale esteriore dell'impianto e migliorare l'affidabilità.</p> <p>Miglioramento continuo di aree dove è difficile una azione risolutiva e una ispezione normale.</p> <p>Rendere efficiente l'ispezione.</p> | <p>Acquisire abilità ispettive.</p> <p>Capire le funzioni e i meccanismi dell'impianto.</p> <p>Conoscere approfonditamente il sistema di raccolta e utilizzo dei dati.</p> <p>Sviluppare attività di miglioramento continuo.</p> <p>Capire l'importanza dell'imparare a comunicare.</p> | <p>Preparare testi per l'addestramento all'ispezione generale.</p> <p>Pianificare il processo di formazione e addestramento.</p> <p>Formare i leader.</p> <p>Follow-up della Formazione/Addestramento.</p> <p>Preparare il manuale di Ispezione generale e le Schede di controllo.</p> |

Tabella 2.8 – Step 4 della Manutenzione Autonoma: Conduzione delle Ispezioni Generali dei Macchinari.

Fase 5: Sviluppo delle Ispezioni Generali dei Macchinari

Con lo sviluppo delle ispezioni autonome sui macchinari si identifica una ulteriore fase di crescita in cui alle attività di prova e verifica degli standard di pulizia ed ispezione svolte dagli operatori si aggiungono quelle preparate dagli specialisti, attraverso un calendario di attività

cicliche di manutenzione annuale (controlli, sostituzioni, revisioni, ecc.). Vengono corretti gli standard di pulizia, ispezione e lubrificazione elaborati con i passi 1-3; vengono revisionate le check-list delle ispezioni create durante il passo 4; Si prosegue quindi con degli standard efficienti per mettere in atto concretamente le attività di mantenimento nei tempi fissati come obiettivo.

A questo punto, vengono inoltre decise le modalità con cui mettere insieme la manutenzione specialistica e quella autonoma per realizzare un sistema manutentivo più efficiente. Di conseguenza, in conformità con lo sviluppo della manutenzione autonoma, alla fine del passo 4 anche l'ente di manutenzione deve aver finito di elaborare il calendario di manutenzione annuale e gli standard di messa a punto (standard per l'implementazione delle ispezioni, per il cambio componenti, per lo smontaggio ecc.).

| ATTIVITA' | OBIETTIVI | | RUOLO DELLA DIREZIONE |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | PER L'IMPIANTO | PER GLI OPERATORI | |
| <p>Rivedere i criteri di pulizia, lubrificazione e ispezione generale ed integrarli in criteri di vasta portata per contribuire alle attività mirate all'efficienza.</p> <p>Preparare e sviluppare schede di controllo per l'ispezione autonoma.</p> <p>Migliorare il controllo a vista e la semplicità di funzionamento.</p> | <p>Mantenere i miglioramenti indenni da deterioramento attraverso l'ispezione generale.</p> <p>Miglioramento continuo degli impianti che hanno una buona semplicità di funzionamento.</p> | <p>Mantenere autonomamente i propri impianti.</p> <p>Decidere autonomamente ed osservare strettamente le norme di pulizia e lubrificazione.</p> <p>Imparare quali sono le condizioni ideali dell'impianto.</p> | <p>Insegnare come analizzare con precisione i dati.</p> <p>Gestione e manutenzione efficace degli impianti.</p> |

Tabella 2.9 – Step 5 della Manutenzione Autonoma: Sviluppo delle Ispezioni Generali dei Macchinari.

Fase 6: Sistemizzazione della Manutenzione Autonoma

Il sesto step riguarda la gestione del mantenimento di una situazione di pulizia stabile, attraverso il riordino del posto di lavoro.

Questa fase si occupa di logistica del posto di lavoro, della corretta disposizione degli attrezzi, dei materiali di consumo, dell'eliminazione delle cose inutili e di altre iniziative di tipo logistico mirate a semplificare e migliorare il lavoro dell'operatore. Inoltre occorre indirizzare le attività di manutenzione autonoma svolte degli operatori di produzione verso la ricerca diretta dei miglioramenti che rendano gli standard più facili da applicare. Si raggiunge quindi una standardizzazione, ossia attraverso l'ordine e la sistemazione dei diversi oggetti che si trovano nei reparti produttivi, si passa all'ordine ed alla sistemazione delle regole che vanno osservate. Si tratta quindi di una sistemizzazione delle ispezioni e della precisione degli impianti nonché dei compiti a cui devono adempiere gli operatori. La Tabella seguente identifica le attività tipiche di questo step, gli obiettivi per i macchinari dell'impianto, per gli operatori e l'impegno da parte della direzione.

| ATTIVITA' | OBIETTIVI | | RUOLO DELLA DIREZIONE |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | PER L'IMPIANTO | PER GLI OPERATORI | |
| Individuare gli aspetti da gestire. Standardizzazione degli aspetti da gestire e sistemazione della gestione della manutenzione. | Miglioramento continuo dell'affidabilità, della manutenibilità e della facilità di funzionamento. Rivedere e migliorare continuamente le condizioni degli impianti e l'organizzazione | Migliorare la tecnologia di gestione. Estendere il campo di azione delle attività di pulizia e lubrificazione. Avere un pieno controllo a vista | Dirigere sotto l'aspetto tecnico per promuovere la standardizzazione. Rivedere gli standard e la gestione nel suo complesso. |

Tabella 2.10 – Step 6 della Manutenzione Autonoma: Sistemizzazione della Manutenzione Autonoma.

Fase 7: Completa realizzazione della manutenzione autonoma

Costituisce la verifica della piena autonomia nella gestione degli strumenti della manutenzione autonoma.

Con questa fase si prende atto sia dell'autonomia degli operatori di produzione nel governare gli impianti affidati, sia dell'integrazione con la manutenzione specialistica. Gli operatori, alla fine del processo diventano indipendenti, sicuri ed esperti e sono in grado di monitorare il loro lavoro e di apportare i necessari miglioramenti autonomamente.

Come ogni processo di miglioramento continuo, anche la manutenzione autonoma richiede una costante attenzione del sistema affinché non si verifichino derive che allontanino i risultati da quelli attesi.

| ATTIVITA' | OBIETTIVI | | RUOLO DELLA DIREZIONE |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | PER L'IMPIANTO | PER GLI OPERATORI | |
| <p>Sviluppo delle politiche/obiettivi dell'organizzazione.</p> <p>Fare una analisi quantitativa dell'attività di miglioramento continuo.</p> <p>Implementare l'analisi MTBF, la registrazione delle anomalie attraverso controllo a vista e il miglioramento degli impianti.</p> | <p>Miglioramento continuo dell'affidabilità, manutenibilità e facilità di funzionamento degli impianti attraverso un miglior controllo auspicando l'analisi di diversi dati.</p> <p>Massimizzare l'efficienza globale degli impianti.</p> | <p>Aumentare la consapevolezza degli obiettivi e dei costi complessivi inclusi i costi di manutenzione.</p> <p>Acquisire la tecnica di raccolta e analisi dei dati e le tecnologia del miglioramento continuo.</p> | <p>Fornire assistenza tecnica per il miglioramento continuo degli impianti.</p> <p>Standardizzare i temi perfezionati.</p> <p>Erogare formazione e addestramento nella capacità di riparazione.</p> |

Tabella 2.11 – Step 7 della Manutenzione Autonoma: Completa realizzazione della manutenzione autonoma.

2.3.3 Miglioramento continuo

Il miglioramento continuo rappresenta indubbiamente uno dei pilastri più importanti del TPM. Tramite piccoli miglioramenti ai processi è possibile infatti ottenere risultati tangibili in termini di efficacia dei nostri impianti e macchinari, in modo molto più semplice che attraverso complesse strategie di manutenzione.

2.3.4 Manutenzione Programmata

Le attività di manutenzione programmata sono essenziali per prevenire fermi macchina e arresti inaspettati. Una politica di manutenzione programmata, fatta periodicamente, può migliorare sensibilmente le condizioni di assets, macchine e impianti, prevenendone il deterioramento.

La manutenzione programmata così come l'insieme di operazioni di manutenzione, rientrano nella categoria della manutenzione preventiva. Talvolta si usa impropriamente manutenzione programmata come sinonimo di manutenzione preventiva, a tal proposito è bene ricordare che la manutenzione preventiva quello specifico tipo di manutenzione straordinaria eseguita da intervalli predeterminati o in accordo a criteri prescritti, volta ridurre le probabilità che insorga un guasto o un fermo macchina o che si riscontri una degradazione del funzionamento di uno specifico asset o di un impianto. Mentre molto spesso si fa ricorso alla manutenzione programmata per calendarizzare ispezioni stabilite per legge come la revisione dei presidi antincendio (e quindi stiamo parlando di una manutenzione preventiva ciclica), mentre altre volte abbiamo soltanto la necessità di razionalizzare le risorse a disposizione e stabilire un piano di manutenzione in cui sappiamo già quando vorremmo pianificare un intervento a prescindere dal fatto che si tratti una operazione di manutenzione preventiva; in questo caso parleremo di manutenzione preventiva programmata.

Progettare un piano di manutenzione programmata richiede la disponibilità di un minimo di strumentazione che permetta di mettere ordine al caos. Spesso operazioni di questo genere devono essere ripetute ad intervalli predeterminati, come per esempio le ispezioni quali i presidi antincendio o il cambio dei filtri dell'aria condizionata oppure altre volte, la manutenzione programmata riguarda interventi che vogliamo compiere in una determinata finestra temporale in modo da coordinare l'azione con un periodo di fermata o di riduzione della produzione con l'obiettivo di ottimizzare i tempi ed evitare eccessive perdite di produttività. Ovviamente nel momento in cui si pianifica un intervento di manutenzione programmata è fondamentale assicurarsi di completare l'ordine di lavoro con tutte le informazioni del caso e ciò richiede una

coordinazione non indifferente che aumenta notevolmente le difficoltà nello stabilire un piano di manutenzione programmata coerente con le effettive possibilità , considerando che spesso intervengono fattori imprevisi quali per esempio un fermo macchina.

La manutenzione programmata ci fornisce numerosi benefici. Uno degli obiettivi primari è quello di riuscire a garantire una maggiore efficienza delle nostre operazioni , a partire dalla riduzione dei tempi di intervento , preparandoli in anticipo e allegando all'ordine di lavoro tutte le informazioni specifiche necessarie che siano di aiuto all' operatore , fino ad una migliore allocazione delle risorse e una ottimizzazione dei tempi di fermata preventivata degli impianti o dei macchinari. Inoltre stabilire in anticipo un piano di manutenzione programmata c'è assicurata di essere in regola per fronteggiare le ispezioni regolari prescritte dalla legge .

Altri fondamentali benefici derivanti da un piano di manutenzione preventiva programmata possono essere:

Una migliore allocazione delle risorse della gestione del personale a disposizione, una riduzione dei tempi e dei costi di manutenzione , un maggiore efficientamento dei livelli di produzione, una implementazione di una cultura di manutenzione proattiva e soprattutto una riduzione dei periodi di fermo macchina che possono aiutarci a rilevare i problemi minori che rischiano sul lungo periodo di compromettere i nostri sistemi e risparmiare budget che rischierebbe altrimenti di essere dissipato in costose operazioni di ripristino di un impianto compromesso.

Tutte le aziende hanno almeno un impianto di condizionamento, presidi antincendio e normative da rispettare pertanto hanno la necessità di pianificare le proprie operazioni manutentive e esse saranno via via più complesse asseconda degli impianti e sistemi che si ritroveranno gestire. Per questo motivo riuscire a programmare in anticipo le attività è un passaggio fondamentale tanto nella riduzione dei costi quanto nell' efficientamento dei tempi e delle risorse. eppure stabilire un piano di manutenzione pianificata non è un'operazione così semplice ; Per questo l'utilizzo di un software CMMS può essere estremamente utile nell'implementazione di un piano di manutenzione programmata in quanto è in grado di semplificare la fase di preparazione e la conduzione delle operazioni oltre che garantire l'accesso a dati, statistiche e documenti necessari all' elaborazione di una strategia vincente.

2.3.5 Miglioramento della qualità

Il quinto pilastro del TPM riguarda la qualità del prodotto. L'obiettivo è quello di identificare ogni possibile causa che conduca alla produzione di parti che non siano conformi agli standard di qualità. La qualità del prodotto è un aspetto fondamentale dei processi di produzione, coinvolto anche nel calcolo di altre metriche di monitoraggio come l'OEE (Overall Equipment Effectiveness). Infatti, come è logico che sia, gli scarti di produzione rappresentano un'inefficienza dei nostri impianti e dei processi, che porta alla necessità di rilavorazioni e perdite di produzione che talvolta possono essere anche importanti.

2.3.6 Training / addestramento

L'idea alla base della manutenzione TPM è che ognuno collabori all'efficienza generale del processo di produzione. Per raggiungere obiettivi di performance ottimali, è necessario infatti formare e addestrare il proprio team in modo tale che tutti acquisiscano il know-how necessario da mettere in pratica al momento opportuno, attraverso coordinatori con il compito di educare i dipendenti ed iniziarli ai principi del TPM.

Successivamente vengono creati team autonomi: operatori, personale di manutenzione, supervisori di reparto, manager devono essere inclusi nel team. È necessario individuare una focalizzata su un obiettivo comune, una mission chiara, dove la consapevolezza dei tempi e dei costi devono essere chiari e non presunti e soprattutto condivisi. Ovvero, un team dove ogni persona si sente direttamente coinvolta nel processo ed è incentivata a fare del suo meglio per contribuire al successo della squadra.

Il TPM coordinator guida il team finché i membri non familiarizzano con il processo e non emerge spontaneamente un team leader.

Il team di lavoro ha la responsabilità di:

- definire con precisione i problemi,
- dettagliare la lista di azioni correttive
- eseguire il processo correttivo.

Una corretta ed efficace implementazione del TPM necessita di personale istruito,

motivato e partecipe agli avvenimenti aziendali, in grado di attuare in modo efficiente ed efficace le azioni previste dal piano di introduzione e sviluppo del TPM. In tal senso assume un ruolo fondamentale l'addestramento del personale, che deve essere svolto in modo rigoroso e sistematico.

L'addestramento dovrebbe essere un mezzo per creare stimoli e motivazione e per fidelizzare il personale, rendendolo partecipe della missione dell'azienda.

Infine, bisogna favorire la creazione di un ambiente di lavoro in cui sia diffuso il concetto di "auto-addestramento": il personale dovrebbe trovare gli stimoli per accrescere il proprio bagaglio culturale e per apprendere nuove e più elevate competenze. Solo personale istruito e motivato può infatti mettere in atto in modo efficiente ed efficace le azioni previste dal TPM.

2.3.7 Efficienza nell'amministrazione

Un ruolo chiave nel total productive maintenance, talvolta però sottovalutato, è quello svolto dall'amministrazione. Eppure, sarebbe impossibile implementare una filosofia orientata al TPM senza il necessario contributo del management, chiamato in questo caso a promuovere in modo attivo il cambiamento necessario a coinvolgere le parti e soprattutto nella responsabilizzazione delle figure aziendali che dovranno svolgere attività che in qualche modo esulano dal loro compito principale (basti pensare alla manutenzione autonoma da parte degli operatori addetti ad un impianto).

Il compito fondamentale del sistema amministrativo è quello di creare dei team di sviluppo del TPM e interfacciare i vari gruppi.

Implementando al contempo il pilastro del miglioramento focalizzato è possibile incrementare l'efficienza delle attività di riorganizzazione e ridurre le problematiche tipiche (ad esempio, a differenza della produzione, per l'amministrazione è difficile quantificare gli effetti delle attività di miglioramento ed i risultati ottenuti).

Le attività fondamentali che il sistema amministrativo è chiamato ad assolvere sono:

- motivare e sostenere i team di implementazione del TPM;
- supportare il management e diffondere la strategia aziendale;
- raccogliere dati;
- processare i dati;

- distribuire informazioni.

2.3.8 Ambiente e Sicurezza

L'ultimo degli otto pilastri della manutenzione TPM concentra l'attenzione sulla creazione di un ambiente di lavoro sicuro.

2.4 L'OEE

Il TPM abbraccia la filosofia "zero difetti - zero perdite -zero guasti ", pertanto è evidente come gli obiettivi del TPM vertono sull' eliminazione totale dei guasti e delle cause che li originano, in quanto il verificarsi di un difetto provoca una diminuzione dello standard di funzionamento di una macchina o di un componente con conseguente riduzione delle performance dell'efficienza produttiva. Guasti improvvisi che portano alla fermata dell'impianto sono definiti come "guasti con perdita totale delle funzionalità" (functionloss failures) , mentre quelli che ne causano il deterioramento. , ma non il blocco sono detti "guasti con riduzione delle potenzialità" (function-reduction failures) .

Filosofia "ZERO DIFETTI": Non sono da sottovalutare i piccoli difetti quali sporco, allentamento dei bulloni, mancanza di lubrificazione, abrasioni, che possono sembrare inizialmente insignificanti ma che invece causano il lento e continuo deterioramento delle macchine per questo motivo è fondamentale riuscire ad individuare i vizi nascosti tempestivamente in modo da intervenire per ripristinare le condizioni ottimali.

Filosofia "ZERO PERDITE": risulta necessario evidenziare tutti i difetti e le loro cause ossia effettuare la cosiddetta "analisi delle perdite". e possibile individuare sei contromisure di base per cercare di raggiungere tale obiettivo:

1. Eliminazione del deterioramento forzato mediante il ristabilimento delle condizioni operative di base
2. eliminazione del divertimento forzato utilizzando procedure operative conformi alle specifiche di progetto degli equipaggiamenti.

3. Attuazione della manutenzione correttiva per riportare le macchine alle loro condizioni originali.
4. Riprogettazione dei processi punto
5. Allungamento della vita utile delle macchine eliminando le debolezze del progetto iniziale (manutenzione proattiva).
6. Eliminazione dei guasti improvvisi migliorando le competenze del personale e la pianificazione della manutenzione.

Filosofia “ZERO GUASTI”: il modello giapponese prevede alcune contromisure basilari che devono essere recepite e fatte proprie dal sistema aziendale nel suo complesso, quali:

- tenere sotto controllo le condizioni di base per il funzionamento dell’impianto (ad esempio lubrificazione, pulizia, corretto serraggio di bulloni e viti);
- rispettare le procedure operative di funzionamento dell’impianto;
- intervenire sulle parti deteriorate in modo da ripristinare la completa funzionalità;
- ridurre i punti deboli derivanti da una cattiva progettazione;
- migliorare la capacità del personale addetto alla produzione e alla manutenzione.

Per attuare in maniera corretta questa nuova metodologia di gestione della manutenzione e fare in modo che le risorse siano sfruttate in maniera ottima, attraverso un miglioramento continuo, è necessario individuare opportuni indici di prestazione che possano rendere chiara la situazione di partenza e miglioramenti dovuti alle variazioni che l'azienda ha intrapreso.

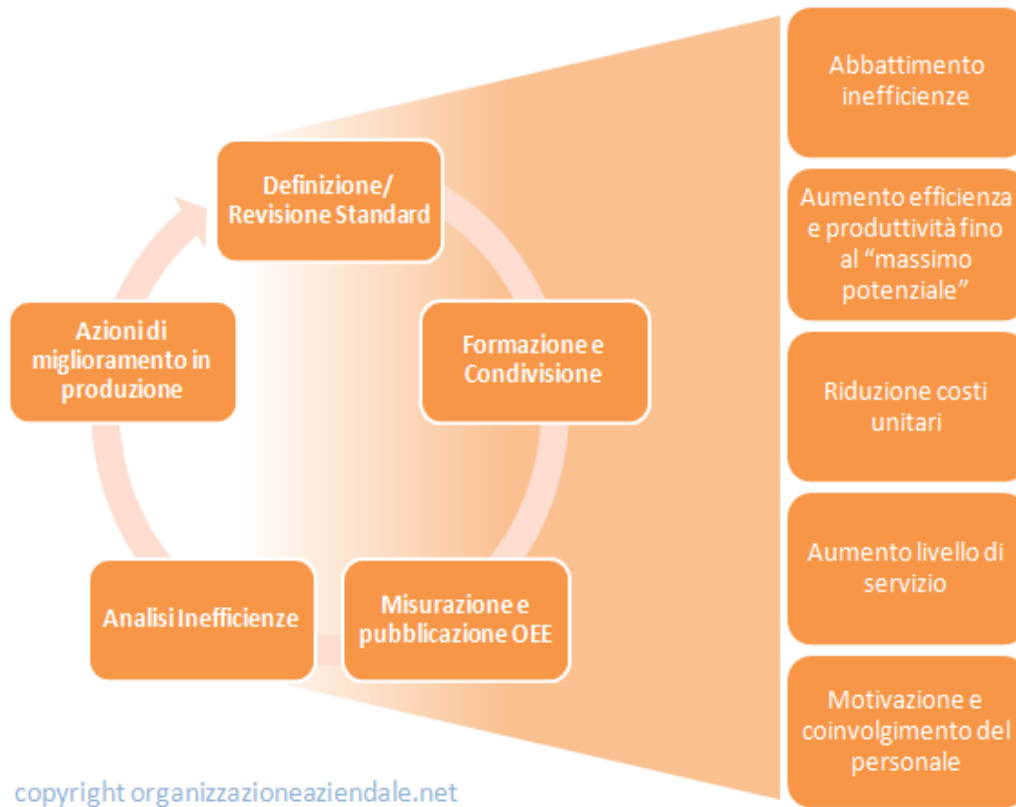
L'indice più significativo per quantificare lo stato attuale della gestione della manutenzione e dell’efficacia delle soluzioni proposte è costituito dall’ Overall Equipment Effectiveness (OEE).

L’OEE, letteralmente “efficienza totale dell'impianto ”, è un indicatore percentuale che rappresenta il rendimento globale di una risorsa produttiva o di un insieme di risorse, sia esso

umane o tecniche, durante il tempo nel quale queste sono disponibile a produrre. Esso è l' indicatore più omnicomprensivo che esista in quanto sconta tutte le tipologie di inefficienze che portano ad una minore produttività: dalla mancanza di materiali alla cattiva pianificazione, le sei tappe tempi morti, dalle micro fermate guasti, dalle rilavorazioni alle non conformità; quindi a differenza di molti altri indici non prende in considerazione la sola efficienza degli impianti produttivi, intesa come un rapporto tra ciò che viene prodotto e ciò che sarebbe possibile realizzare, ma ne va a misurare l'efficacia, ampliando l'analisi e tenendo conto anche delle qualità del prodotto e della disponibilità della macchina stessa.

Il metodo OEE prevede alcuni step fondamentali:

- definizione/validazione degli standard (tempi e metodi)
- implementazione del sistema di registrazione delle inefficienze
- sviluppo dello strumento per il calcolo dell'efficienza e per l'analisi ABC delle inefficienze
- formazione al personale sugli obiettivi dell'attività e sul significato degli indicatori
- valutazione del livello attuale di efficienza
- individuazione delle principali fonti di inefficienza
- eliminazione delle inefficienze tramite attività di miglioramento mirate
- quantificazione del miglioramento ottenuto e feedback



La tecnica viene solitamente implementata in un'area pilota (reparto, linea produttiva o ufficio) e quindi progressivamente estesa alle altre aree. Ciò consente all'azienda di impostare un percorso sostenibile e di effettuare un fine tuning del metodo OEE sulle specificità del contesto.

La performance globale di un componente, di un equipaggiamento di un intero impianto è governata dalla contemporanea presenza di tre fattori:

1. La disponibilità (A): intesa come la percentuale dell'effettivo tempo di attività rispetto a quello disponibile
2. La performance (P): intesa come la percentuale di parti prodotte rispetto alla potenzialità teorica, quando l'impianto è attivo
3. La qualità (Q): intesa come la percentuale di parti conformi rispetto al totale delle parti prodotte

L'OEE è quindi un numero adimensionale calcolato come prodotto dei tre fattori

$$OEE = D \times P \times Q$$

Si può subito notare come per avere un elevato valore di OEE sia necessario che tutti e tre gli indici siano alti, a significare che solo un impianto in cui tutte le risorse siano sfruttate in maniera ottimale può raggiungere elevate prestazioni in termini di OEE.

particolarmente significativo e far notare come un incremento dell'1% dell'OEE produca una riduzione del 10% dei costi diretti di manutenzione.

Da osservare inoltre che l'OEE è un indice di efficacia dell'impianto, quindi va a considerare esclusivamente le perdite interne ad esso, in particolar modo possiamo raggrupparle in tre principali categorie di perdite produttive quali:

1. Guasti, setup e attrezzaggi
2. riduzione di velocità e micro-fermate
3. Scarti, rilavorazione perdite di resa dell'avviamento

Questo modello, seppur teoricamente valido, diventa di difficile applicazione nella maggioranza dei contesti produttivi. Immaginiamo, per esempio, di avere sei reparti produttivi, ciascuno con macchine diverse che realizzano un mix di prodotti variabile sia per tipologia che per quantità; riusciremo a calcolare con precisione i tre diversi fattori, pensando correttamente l'incidenza dei vari articoli /lotti /cicli di lavorazione?

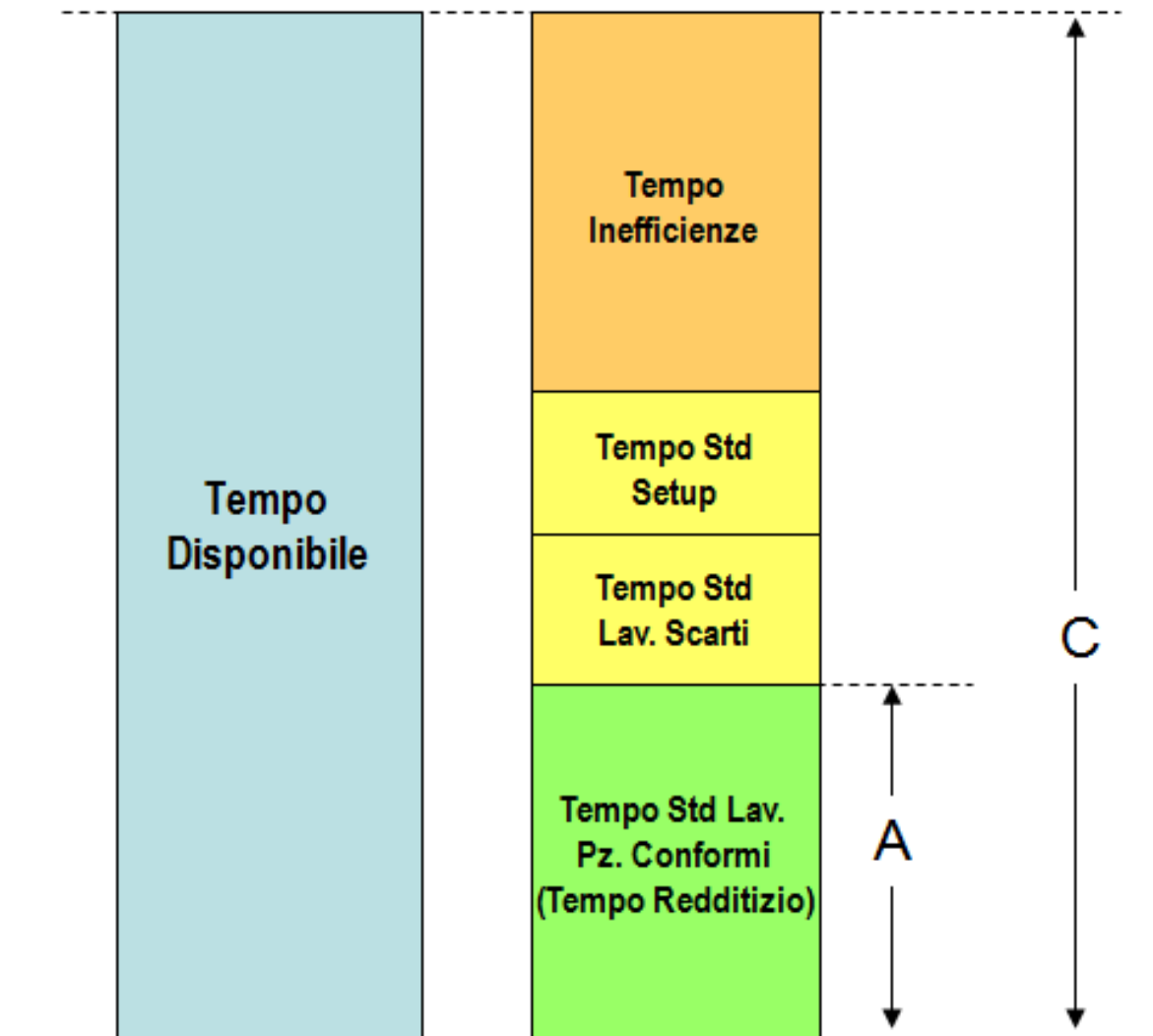
Proviamo a fare una semplificazione: partiamo dal concetto che l'OEE è pari al rapporto tra tempo redditizio e tempo disponibile quindi per definizione l'OEE può essere espresso attraverso un rapporto output / input. Questo ci darà una indicazione globale sulle capacità di un insieme di risorse, di produrre valore per il cliente (output) con le risorse produttive a disposizione (input). Come misuriamo l'output e l'input?

Sicuramente l'input deve essere proporzionale all'impegno che l'azienda investe nel sistema produttivo, l'impegno è ben rappresentato dalla disponibilità oraria delle risorse che siano esse di manodopera o macchine / impianti.

L'output invece, deve essere espresso in una unità di misura confrontabile e cioè temporale, in modo che l'OEE risulti un rapporto di elementi tra loro omogenei dunque una percentuale.

In questo contesto acquisisce valore il concetto di tempo standard di lavoro che non è altro che il tempo necessario per l'esecuzione di una data operazione a fronte di strumenti, metodi e

procedure operative stabilite punto il tempo standard è definito dall'azienda in base allo specifico ciclo di lavoro virgola che siamo annuale o automatico, ed è pertanto il tempo giusto che serve per eseguire una lavorazione punto in questa accezione il tempo standard si avvicina al concetto di tempo di valore aggiunto che per non creare ambiguità, possiamo chiamarlo tempo redditizio.



$$\text{OEE (Overall Equipment Effectiveness)} = A / C$$

Il tempo standard per le attività basate su macchine o impianti a controllo numerico e tipicamente predeterminato in quanto dipende dal ciclo tecnologico. Per le lavorazioni manuali invece, questo è più complesso in quanto per la sua determinazione necessario avvalersi di analisi sperimentali secondo le tecniche Tempi e Metodi.

prendiamo il tempo standard, moltiplichiamolo per il numero di pezzi processati nelle ore di lavoro considerate e otterremo il numeratore della formula (l'output). Come input, invece, useremo le ore disponibili:

$$OEE = \frac{\text{output}}{\text{input}} = \sum_{i=1}^n \frac{TstdLav * N^{\circ}Pz.Conformi}{OreDisponibili}$$

dove i = articoli del mix produttivo realizzato

Quali vantaggi si possono ottenere dall'introduzione dell'OEE?

Tipicamente, un sistema produttivo che non ha mai affrontato un progetto di miglioramento dell'efficienza si attesta su valori di OEE non superiori al 50-60%.

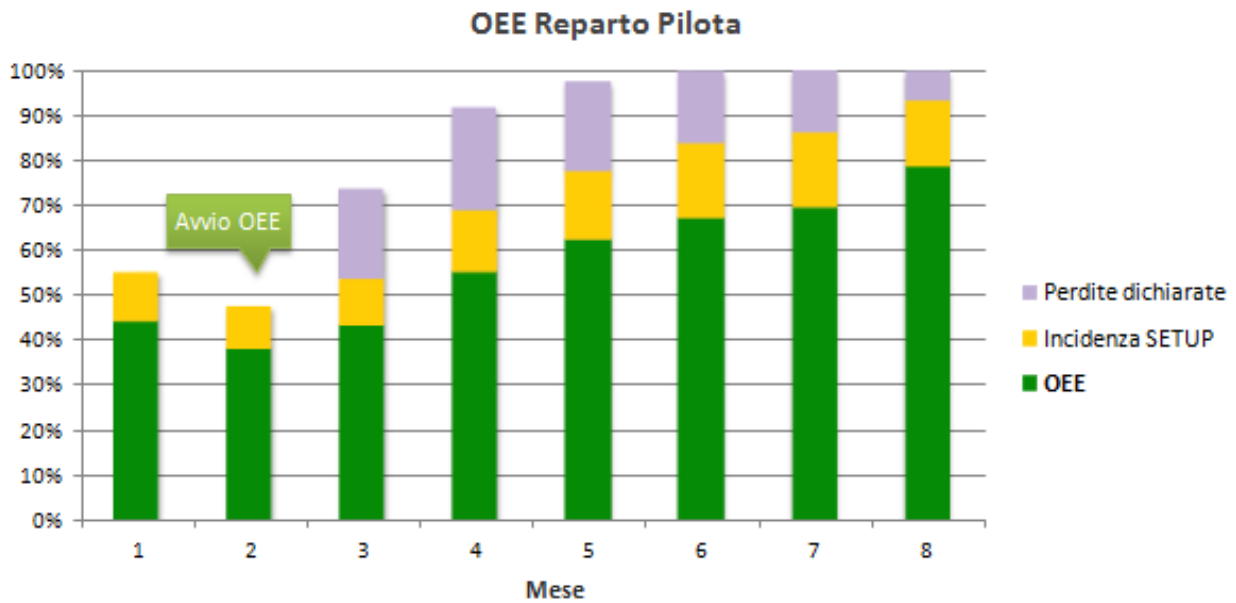
I migliori produttori, invece, raggiungono e mantengono nel tempo un OEE pari all'85%, considerato un obiettivo "world class".

Sottolineiamo il fatto che raggiungere la condizione ideale del 100% è virtualmente impossibile, in quanto rappresenterebbe un sistema che non si ferma mai e che non effettua mai attrezzaggi/setup. Se l'OEE risultasse maggiore del 100%, anzi, sarebbe sintomo di inaccuratezza del modello impostato (ad esempio, tempi standard sovradimensionati e quindi inesatti). Anche valori alti (maggiori del 70%), se rilevati in contesti che non hanno mai affrontato un processo strutturato di miglioramento dell'efficienza, devono essere validati approfonditamente.

Di quanto avremmo migliorato?

Tipicamente, un progetto OEE consente in pochi mesi di elevare l'efficienza produttiva del 30/40%, a seconda della situazione di partenza, portandola alla sua massima potenzialità. Le inefficienze individuate si rivelano spesso di natura prevalentemente organizzativa, e pertanto la loro risoluzione richiede investimenti molto bassi o addirittura nulli.

Di conseguenza, l'implementazione di un progetto OEE porta ad un ritorno dell'investimento molto rapido, oltre a garantire un guadagno di efficienza significativo e stabile nel tempo.



Il calcolo dell'OEE non migliora automaticamente la produttività. Esso deve essere abbinato ad una analisi dettagliata ed accurata dei motivi alla base della ridotta produttività. Per raggiungere il "world class" dell'85% servono non solo una buona gestione tecnica delle risorse, ma anche e soprattutto una ottima gestione organizzativa. In questo senso, l'esperienza maturata negli anni presso numerose realtà manifatturiere può rendere molto efficace un intervento in azienda da parte di personale esterno, che può impostare correttamente il metodo, progettare le attività di miglioramento e monitorarne i risultati.

2.5 APPLICAZIONI DELLA TPM

Affinché l'implementazione del Total Productive Maintenance produca i risultati desiderati, occorre sviluppare un programma che generalmente si articola in 4 fasi:

1. studio di fattibilità`;
2. pianificazione;
3. implementazione effettiva;
4. consolidamento

Studio di fattibilità (durata 1 mese)

In questa fase si analizza la situazione iniziale di un determinato reparto o stabilimento produttivo per evidenziare le potenziali migliorie che un'azienda può trarre dall'applicazione di un progetto TPM.

Attraverso visite e riunioni vengono reperite informazioni circa:

- presenza e completezza di dati circa i fermi macchina;
- ruoli e responsabilità della struttura organizzativa;
- procedure e abitudini operative/manutentive;
- presenza e completezza di dati sulla produttività globale e delle singole macchine;
- livello di conoscenza dei macchinari del personale;

Una volta reperite queste informazioni si stimano i costi e i benefici in termini di ROI (Return on Investment) e si formulano ipotesi alternative di progetto.

Pianificazione (durata 6-12 mesi)

Questa fase serve per creare i presupposti e la struttura per realizzare quelle che saranno le attività vere e proprie di TPM, e in particolare si tratta di:

- definire un Master Plan delle attività;
- formalizzare il lancio della TPM con annunci a tutto il personale;
- creare l'organizzazione che implementerà il progetto;
- definire politiche, obiettivi e responsabilità;
- Assegnare le responsabilità delegando e rendendo autonomo il personale dall'inizio (Chi? - Cosa? - Come? - Quando? – Perché?)

E' opportuno dare visibilità al progetto fin da subito, coinvolgendo tutto il personale e rendendolo autonomo. Per la buona riuscita del progetto è importante far capire al personale

che non è un'imposizione dall'alto, e che saranno loro i protagonisti di queste attività. Durante questa fase è opportuno strutturare i sistemi di raccolta dati così da monitorare, in seguito, le performance durante le fasi successive.

Implementazione (durata minima 36 mesi)

Questa è la macrofase dove il progetto prende forma e, se applicato correttamente, si concretizza in risultati. Dato che è la fase più consistente, in genere si suddivide in 3 sottofasi, alle quali sono associati i relativi obiettivi:

Nella prima fase si implementano i pilastri della manutenzione autonoma, del miglioramento focalizzato e della manutenzione progressiva. Gli altri pilastri vengono sviluppati solo contestualmente e quindi nella misura in cui sono funzionali ai primi. La teoria della TPM sostiene che il miglioramento e i primi pilastri devono essere applicati su un progetto pilota per concentrare gli sforzi. In questo stadio l'obiettivo è quello di eliminare il 75% delle fermate, andando ad agire su quelle cause di degrado forzato e mancanza di formazione che provocano guasti evitabili con strumenti semplici. In questo stadio il principale pilastro è quello della manutenzione autonoma, mentre bisogna fare attenzione ad implementare il pilastro della manutenzione progressiva in quanto mancano informazioni su cause e parametri dei macchinari. Inoltre i dati disponibili possono essere inficiati da tutte quelle pratiche scorrette usate abitualmente dal personale produttivo. Il personale tecnico dovrà concentrarsi sul miglioramento focalizzato, soprattutto per semplificare le operazioni di pulizia e ispezione, creare standard e istruzioni per la conduzione conforme delle macchine e per eliminare macroscopici errori progettuali.

- Implementazione di tutti i pilastri (durata 12 mesi). Nella seconda fase si attivano tutti i pilastri, coinvolgendo tutti i reparti dell'azienda per eliminare il 90-95% delle fermate. Il progetto pilota dovrebbe riguardare una macchina critica per il processo ma comunque non in stato pessimo. Questo perchè se la macchina fosse già in uno stato di degrado avanzato e non recuperabile, gli sforzi e l'investimento dell'azienda sarebbero maggiori del costo di sostituzione della macchina stessa. Occorre identificare le carenze tecniche da colmare con corsi e sessioni di training che possono essere forniti sia dall'esterno sia da personale esperto dell'azienda. I progressi sulla sicurezza e sul rispetto ambientale devono essere garantiti per ottimizzare il più possibile l'ordine e i flussi di materiale all'interno dell'area di lavoro, per ridurre il rischio e gli sprechi energetici. Infine è il ruolo del management che, tramite il

deployment degli obiettivi, l'attività di sostegno e il sistema premiante, deve mantenere vivo l'interesse per il progetto.

- Nella terza ed ultima fase devono essere raggiunti tutti gli obiettivi del progetto, cioè: zero fermate, zero difetti, addestramento completo del personale. Naturalmente sono obiettivi ideali, infatti la metodologia prevede che in questa fase si debba effettuare un rinnovo degli obiettivi e un nuovo studio di fattibilità per evidenziare i futuri margini di miglioramento.

Consolidamento

L'ultima fase del progetto TPM viene attivata una volta che i risultati dell'implementazione sono stati consolidati. Nell'ultima fase si devono quantificare i risultati in termini di costi-benefici e devono essere standardizzate e diffuse le procedure e le tecniche a tutte le macchine del reparto o dello stabilimento. La TPM rimane comunque una tecnica di Lean Production e, in perfetto accordo con questa filosofia non si ferma ai risultati ottenuti, ma fissa nuovi obiettivi sempre più importanti.

CAPITOLO 3: INDUSTRIA 4.0

3.0 Introduzione all'industria 4.0

Dal 2011, quando è stato introdotto il termine Industrie 4.0 alla fiera di Hannover in Germania, l'argomento della quarta rivoluzione industriale è entrato nella vita di tutti i giorni, non solo come un tema di ricerca per l'Università, ma soprattutto come un'opportunità per le imprese industriali, che stanno cercando di afferrare tutti i vantaggi che questa trasformazione potrebbe portare.

In questo capitolo si espongono dapprima le origini di questa rivoluzione, cercando di dare un inquadramento al fenomeno. Verranno poi analizzati i benefici che ci si aspetta, ma anche i cambiamenti che risorse umane, macchinari e aziende dovranno affrontare per ottenerli. Trattandosi di una rivoluzione tecnologica, vengono descritte in seguito le tecnologie ed i principi di progettazione che fungono da linee guida per permetterne la realizzazione. Infine, vengono esaminati i possibili problemi legati all'implementazione, ed anche altri aspetti critici come l'impatto sull'occupazione e la sicurezza dei dati.

3.1 Origine dell'Industria 4.0

Industry 4.0 è un concetto che trae origine in Germania nel 2010 e che è stato presentato per la prima volta al pubblico dal GEF (Federazione Tedesca Ingegneria) al 2011 Hannover Messe, la più grande fiera industriale del mondo. Inizialmente è stato definito come digitalizzazione e automazione delle catene di approvvigionamento, attraverso maggiori livelli di interconnettività e sistemi di produzione e di comunicazione più intelligenti tra persone, macchine e attrezzature.

Ha simboleggiato l'avvento della quarta rivoluzione industriale, in cui l'uso di varie innovazioni tecnologiche avrebbe contribuito a creare modelli industriali ed economici all'avanguardia.

Mentre durante la terza rivoluzione industriale la produzione di massa nelle fabbriche, l'automazione e la delocalizzazione hanno avuto i principali effetti sull'ottimizzazione dei costi, attraverso l'aumento dei volumi fino ad un livello tale da giustificare gli investimenti, la quarta rivoluzione industriale ha completamente cambiato lo scenario. I fattori che creano valore non sono più i volumi, le economie di scala o il costo del lavoro, ma la personalizzazione di prodotti e servizi e la riduzione del capitale impiegato in termini economici.

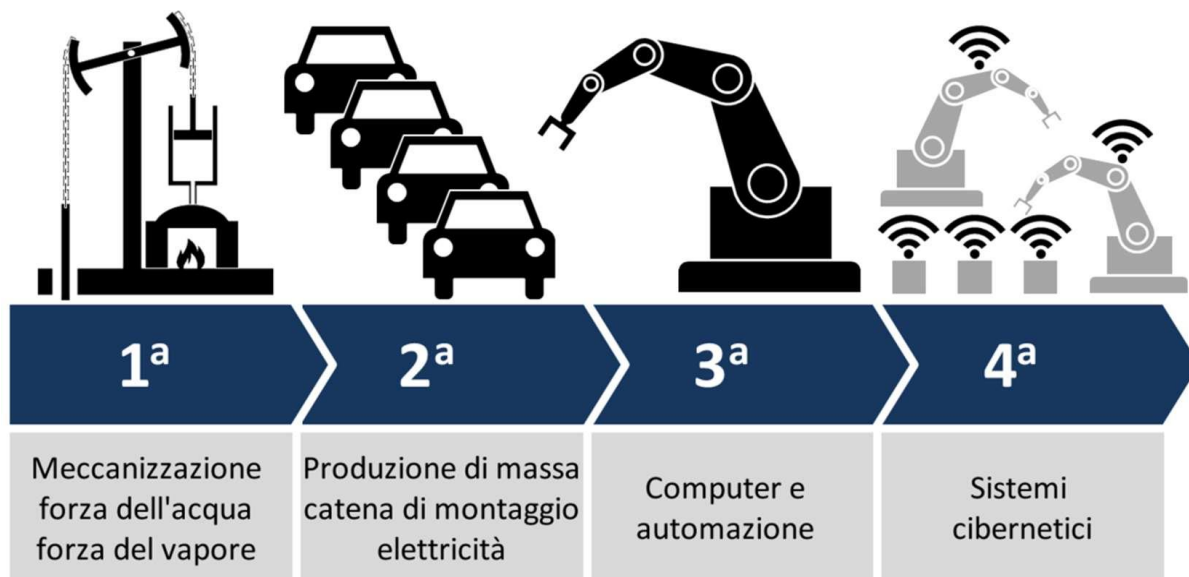


Figura 3.1 – Le quattro rivoluzioni industriali (Christoph Roser at AllAboutLean.com)

Negli anni '70 e negli anni '80, l'adozione della Lean manufacturing è stata l'elemento abilitante, in particolare con l'implementazione della filosofia Toyota nelle regioni occidentali. Nel 1990, outsourcing e off-shoring hanno permesso una maggiore redditività spostando la produzione di competenze basse in paesi a basso costo del lavoro. Negli anni 2000, il vantaggio dell'off-shoring ha iniziato a ridursi ed i costi di trasporto sono aumentati. Oggigiorno, i fattori chiave della competitività sono il time to market e la reattività verso il cliente, quindi le aziende stanno investendo in robot, tecnologie e automazione, ridisegnando le loro intere reti di produzione e avvicinandosi ai loro clienti. Inoltre, le tecnologie dirompenti al centro di Industry 4.0 aiuteranno le fabbriche smart ad essere altamente efficienti e consentire l'integrazione dei dati, che è il driver principale di questo nuovo paradigma.

3.2 La visione strategica ed operativa di Daimler Benz

Poniamo in rilievo l'industria automobilistica che ha rappresentato negli ultimi 100 anni e rappresenta ancora oggi la sfida più complessa per qualsiasi modello organizzativo e produttivo. Infatti l'industria dell'auto è da sempre un'industria di grandi volumi, elevati costi del prodotto, grandi complessità e varietà dei componenti della distinta base. In poche parole è un'industria con processi prodotti e supply chain complessi e ad alta variabilità. Di fronte alla crescente introduzione dell'elettronica nei processi produttivi e nei processi automobilistici, le grandi imprese dell'auto hanno fatto e sperimentato una ridefinizione complessiva del loro modello di business.

In particolar modo andiamo ad analizzare la visione strategica e operativa di Daimler Benz.

Dieter Zetsche, presidente del board of management di Daimler e responsabile di Mercedes Benz Cars afferma che:

“tutti i principali trend dell'industria automobilistica sono supportati dalla digitalizzazione o supportano a loro volta quest'ultima. Il nostro obiettivo anche quello di essere la casa automobilistica leader e più innovativa al mondo in fatto di tecnologie digitali”.

Markus Schafer, membro del divisional board Mercedes Benz Cars ,manufacturing and supply chain management di Daimler ha precisato:

“In Mercedes Benz, parliamo di industria 4.0 per descrivere la digitalizzazione dell'intera catena del valore: dalla progettazione alla vendita ed assistenza, passando per la produzione (da cui ha origine il termine). noi di Daimler non abbiamo dubbi sul fatto che la rivoluzione digitale cambierà radicalmente la nostra industria. Queste novità si applicano ai metodi con cui sviluppiamo, progettiamo e produciamo le nostre vetture. Ma non solo: riguarderanno, infatti, anche il modo in cui entriamo in contatto con i clienti risultando, inoltre, evidenti nei nostri prodotti”

Le dichiarazioni e comportamenti dei manager delle altre industrie tedesche dell'auto (Vw group e BMW) sono sostanzialmente le stesse come quelli di tutti i competitori a livello mondiale. L'industria dell'auto e soprattutto l'industria dell'auto tedesca e quindi il punto di partenza del paradigma industry 4.0 che si intende come la digitalizzazione dell'intero valore.

Questo è il punto di vista dell'industria dell'auto tedesca si fonda su strutture organizzative gestionali molto avanzate: implementazione diffusa di sistemi ERP e di Lean production, supply chain integrata con fornitori e clienti, automazione di fabbrica eccetera

Non possiamo pensare che il punto di partenza della digitalizzazione per l'industria dell'auto tedesca sia lo stesso di una qualsiasi PME italiana e quindi dovremmo riflettere in modo più approfondito non solo sul paradigma ma anche sui prerequisiti essenziali del paradigma 4.0.

3.3 Definizione

Molti esperti pensano che la Quarta rivoluzione industriale sia iniziata anni fa. Industry 4.0 si riferisce a una serie di modifiche nel modo in cui i componenti sono prodotti e i servizi forniti: ovvero grazie all'applicazione sistematica di tecnologie già utilizzate in altri settori (Internet of Things, Cloud) sia nei processi produttivi che nell'offerta di servizi. Il concetto può essere ampliato, come possibile scenario, anche nel cambiamento dei rapporti di produzione tra datore

di lavoro e risorse umane, favorendo una più ampia riorganizzazione aziendale. Da questa rivoluzione si attende un miglioramento radicale che sarà reso possibile dalle moderne tecnologie industriali, da software per l'automazione, che ancora oggi consentono l'aumento della produttività umana e il cambiamento di modelli tradizionali e rigidi ereditati dal taylorismo in modelli flessibili più orientati al cliente.

In sostanza il termine “industria 4.0” indica una tendenza dell'automazione industriale che integra alcune nuove tecnologie produttive per migliorare le condizioni di lavoro e aumentare la produttività e la qualità produttiva degli impianti. L' industry 4.0 passa per il concetto di smart Factory che si compone di tre parti:

1. Smart production: nuove tecnologie produttive che creano collaborazione tra tutti gli elementi presenti nella produzione ovvero collaborazione tra operatore, macchine e strumenti.
2. Smart service: tutte le infrastrutture informatiche e tecniche che permettono di integrare i sistemi; ma anche tutte le strutture che permettono, in modo collaborativo, di integrare le aziende (fornitore -cliente) tra loro e con le strutture esterne (strade, hub , gestione dei rifiuti, eccetera)
3. Smart Energy: tutto questo sempre con un occhio attento ai consumi energetici, creando sistemi più performanti e riducendo gli sprechi di energia.

Di fatto, la quarta rivoluzione industriale, a volte chiamata anche Smart Manufacturing, permetterà l'integrazione di tutte queste tecnologie industriali, in un meccanismo complesso in cui le aziende saranno in grado di ridurre inefficienze, aggiungendo valore alla conoscenza, migliorando la capacità di pianificazione e anticipando il mercato.

Industry 4.0 rende possibile raccogliere e analizzare le informazioni tra le macchine, fornire risposte più veloci e più flessibili, ma anche avere processi più efficienti in grado di produrre componenti di alta qualità ad un costo inferiore. Tutti questi elementi porteranno di conseguenza a un aumento di produttività e crescita industriale, e quindi la modifica del profilo della forza lavoro.

3.4 Chi sono i diffusori del nuovo Paradigma?

Ci sono due tipi di diffusori di nuovi modelli organizzativi: le università e le società di consulenza.

- Le università cercano di sistemare le lezioni apprese dagli esempi di successo di applicazione del nuovo modello, per poter formare i nuovi manager e aggiornare i manager già attivi cioè aiutano a conoscere nuovi modelli e a capirne le caratteristiche ed impatti.
- Le società di consulenza cercano di creare i modelli di valutazione dei benefici che il nuovo paradigma potrebbe fornire e modelli di implementazione del paradigma stesso ovvero aiutano a prendere decisioni e a realizzarle.

3.5 Programmi di finanziamento

Le politiche per l'industria 4.0 hanno iniziato ad essere attuate in Europa intorno al 2011 e, sei anni dopo, la Commissione Europea dichiarava che il tasso di adozione di tecnologie digitali, ovvero l'evoluzione dell'automazione industriale era ancora basso, con oltre il 41% delle aziende dell'UE che non avevano ancora adottato nessuna delle tecnologie avanzate di trasformazione digitale (rapporto nel 2017). Le aziende sono sempre più consapevoli dei vantaggi nell'adozione di nuove tecnologie, dalla robotica, al cloud e IIOT e all'automazione industriale, o all'additive manufacturing, tutti visti come opportunità. Quali sono i paesi più avanzati e quali sono le prospettive del piano industria 4.0 a livello europeo?

3.5.1 L'industria 4.0 in UE

Secondo il rapporto della Commissione Europea, i paesi scandinavi e dell'Europa occidentale sono i più avanzati nell'adozione di nuove tecnologie di trasformazione digitale. Con i Paesi Bassi, la Svezia, la Finlandia, il Belgio e il Lussemburgo all'avanguardia in termini di condizioni che consentono la trasformazione digitale e l'automazione industriale.

Per quanto riguarda l'adozione di tecnologie industria 4.0, ci sono alcuni paesi che, oltre ad aver sviluppato e implementato strategie nazionali, stanno anche raggiungendo i loro obiettivi e analizzando i risultati dei piani Industria 4.0 che sembrano produrre risultati tangibili. La Francia, per esempio, che ha lanciato la politica nel 2015, ha concesso oltre 8000 prestiti alle imprese e ha valutato 3400 aziende per la modernizzazione della produzione. Dal 2013 la Svezia ha finanziato 30 progetti che hanno coinvolto oltre 1500 imprese. Anche la Germania ha

ottenuto grandi risultati, con la piattaforma Industrie 4.0, concentrandosi nell'aiutare le PMI. Nel 2017 è stato pubblicato un rapporto sullo stato di avanzamento dove le PMI possono trovare tutte le informazioni disponibili in grado di guidarle attraverso la pianificazione dell'industria 4.0: dalle mappe online con case study delle aziende che hanno implementato nuove tecnologie, all'Industrie 4.0 Compass, che aiuta le PMI a trovare il servizio specifico di cui hanno bisogno per implementare una soluzione specifica, fornendo anche opportunità di test e informazioni su come implementare un progetto pilota di automazione industriale. Labs Networking Industrie 4.0 è un'altra iniziativa che aiuta le aziende a testare le loro soluzioni prima di investire. Gruppi di lavoro, eventi, modelli, alleanze nazionali e internazionali, tutto questo fa parte del piano.

3.5.2 L'industria 4.0 in Italia

In Italia, secondo un'analisi Mise-Met del 2018, a livello nazionale il 47,1% delle aziende con oltre 250 dipendenti ne ha implementato almeno una tecnologia, così come il 35,5 % delle imprese da 50 a 249 dipendenti. Nelle piccole imprese, da 1 a 9 dipendenti, la percentuale si abbassa al 6%. Per quanto riguarda le singole tecnologie impiegate, l'integrazione orizzontale delle informazioni, la cyber security e l'IoT (Internet of Things) rappresentano gli investimenti aziendali più diffusi. L'IoT ha avuto una crescita anche nel 2019 quando secondo una ricerca IDC la spesa IoT aveva un valore pari a 15,6 miliardi di euro, in crescita del 24% rispetto al 2018.

Per quanto riguarda gli investimenti futuri, le imprese che attualmente usano le tecnologie 4.0 hanno una probabilità elevata di ampliare il set di tecnologie (implementando almeno tre applicazioni). Ma l'interesse di fare la transizione verso la fabbrica intelligente c'è anche per le imprese che hanno implementato il minimo delle tecnologie.

3.5.3 Industria 4.0 in Europa: tra presente e futuro

L'Europa deve rimanere competitiva e deve fare dei grandi passi avanti per quanto riguarda la digitalizzazione. Nel 2029 la Corte dei Conti Europea dichiarava un audit sul sostegno dell'UE all'industria 4.0 e all'innovazione in Europa la cui pubblicazione avverrà quest'anno. La Corte vuole verificare se gli stati membri dell'UE hanno avuto un vero ed efficace sostegno da parte della Commissione Europea, con uno sguardo attento all'aiuto delle start-up e PMI. Le PMI sono al centro dell'analisi, in quanto oggi poche di esse sono digitalizzate. Ma anche perché

saranno loro a dover adattarsi alla nuova tecnologia digitale e all'automazione industriale, facendo dei notevoli passi avanti entro il 2025.

3.6 Benefici e cambiamenti

L'Industry 4.0 è una rivoluzione che sta via via interessando un numero crescente di settori (medicina, industria, istruzione, etc.), che incrementano il loro livello di digitalizzazione mediante l'utilizzo di tecnologie sempre più moderne. La prospettiva è quella di creare un ambiente in cui i processi saranno completamente automatizzati poiché, supportati da un apposito sistema di comunicazione, saranno in grado di scambiare i dati con altri sistemi, monitorarsi e agire di conseguenza. Verrà così a diffondersi la presenza di macchine e strumentazioni intelligenti, che apporteranno più efficienza nei rispettivi ambiti applicativi.

In termini generali, i benefici ottenuti saranno correlati a una pianificazione migliore e ad un più flessibile processo di controllo, a una maggiore soddisfazione del cliente e un miglioramento dell'immagine aziendale, ma anche a una riduzione dei costi e un conseguente aumento dei ricavi delle aziende.

Le tecnologie "smart" trasformeranno definitivamente non solo i sistemi di produzione, ma cambieranno le relazioni tradizionali tra fornitori, produttori e clienti, ed anche tra uomo e macchine. In particolare, lungo la catena del valore i processi produttivi si avvantaggeranno attraverso dei sistemi IT integrati. I processi di produzione godranno di una maggiore flessibilità, fornita da macchine e prodotti "Smart" che saranno in grado di comunicare tra loro. L'utilizzo di veicoli autonomi e robot regolerà automaticamente la produzione e farà in modo che si ottenga una risposta più rapida ad eventi imprevisti. Prodotti, processi di produzione e automazione della produzione saranno progettati virtualmente in un unico processo integrato, anche grazie alla collaborazione di fornitori e produttori.

Inoltre, l'Industry 4.0 porterà benefici alla produttività, alla crescita dei ricavi ed agli investimenti. Consentirà un controllo smaterializzato, che sarà più veloce, più efficiente e in remoto.

3.6.1 Il cambiamento per l'uomo: lo "Smart Operator"

Man mano che l'Industry 4.0 prende forma, gli operatori sperimentano una maggiore complessità nelle loro attività quotidiane: devono essere altamente flessibili e dimostrare capacità adatte in un ambiente di lavoro molto dinamico. Questo richiede strumenti e approcci

in grado di combinare metodologie complesse e facilità di utilizzo, che possano essere facilmente integrati nelle pratiche quotidiane. È essenziale che l'operatore comprenda questi cambiamenti e quello che comportano nello svolgimento del proprio lavoro.

Lo scopo è quello di diminuire la dipendenza dall'interazione umana per quanto riguarda le operazioni e migliorarne la qualità dell'interazione umana. Gli operatori non dovrebbero "perdere tempo" nel supervisionare e monitorare i normali processi, ma dovrebbero essere prontamente disponibili ogni volta che si presenta un'anomalia che la macchina non può riparare da sola. L'interazione umana sarà principalmente presente nel processo decisionale critico, nella manutenzione e riparazione, in quanto è necessario interpretare rapidamente i dati e prendere decisioni rapide per risparmiare tempo e denaro. Con l'aumentare della complessità dei macchinari, il ruolo di supervisione risulta più complesso, e possono sorgere dubbi sulla disponibilità di adeguate figure professionali. Per poter sfruttare al meglio questi nuovi strumenti è essenziale un periodo di apprendimento, di familiarizzazione con le nuove tecnologie. Diventa dunque di critica importanza il supporto ai processi di apprendimento e formazione, senza sottovalutare il livello di motivazione.

Ciò che si richiede in primis è capire come funziona un Cyber Physical System (CPS) che rappresenta la chiave di volta dell'industry 4.0, ovvero sistemi fisici che sono strettamente connessi con i sistemi informatici e che possono interagire e collaborare con altri sistemi CPS. Questo sta alla base della decentralizzazione e della collaborazione tra i sistemi, che è strettamente connessa con il concetto di industria 4.0. La collaborazione tra sistemi e esseri umani sembra essere il nocciolo del paradigma dell'industry 4.0 ;soprattutto rispetto ai modelli storici di “computer integrated manufacturing” (CIM) che ponevano il focus sulla completa automazione dei processi manifatturieri ed avevano il mito della fabbrica senza luci perché abitata solo da robot computer. Il fallimento di molti progetti CIM a causa dell'estrema complessità e instabilità dei sistemi ma anche l'aumento della varietà di prodotti con brevi cicli di vita , ha spinto verso questo approccio più flessibile.

Un ruolo determinante, inoltre, viene svolto dalle interfacce di comunicazione (HMI) e dalle modalità in cui l'operatore deve interagire con le macchine e con l'intero sistema, che devono garantire trasparenza e comprensibilità. È quindi fondamentale che queste ultime siano progettate in modo tale da fornire all'utente solo le informazioni rilevanti, effettuando dunque un filtraggio dei dati e mantenendo semplicità nelle opzioni disponibili. Più un'interfaccia è user-friendly, più la comunicazione con il CPS sarà efficiente. Si richiede inoltre una certa

armonizzazione fra i diversi sistemi, il che non è molto scontato visto che spesso ci si trova a lavorare con impianti diversi, realizzati da fornitori diversi e che usano sistemi operativi e software diversi.

In definitiva, si può parlare di un vero e proprio cambiamento della cultura aziendale. Saranno quindi compiti essenziali per il management sia la gestione del cambiamento che il coinvolgimento dei dipendenti nel processo di trasformazione.



Figura 3.2 – Dispositivo personale a realtà aumentata

3.6.2 Il cambiamento per il prodotto: “Smart Lifecycle”

Come accennato in precedenza, l’utilizzo delle nuove tecnologie permette di focalizzare esattamente sul cliente e su quello che percepisce come valore: si punta dunque alla personalizzazione, alla flessibilità, alla riduzione del time to market, sempre cercando di ridurre i costi.

L’intero ciclo di vita del prodotto nella catena del valore deve essere tenuto in considerazione fin dalle prime fasi del suo sviluppo. Si parla dunque di smart lifecycle, che fa riferimento all’intero processo di sviluppo del prodotto, inclusa la gestione del suo ciclo di vita e dei fornitori coinvolti nelle diverse fasi. In questo campo, il Cloud Manufacturing, ad esempio, si sta rapidamente diffondendo per aumentare la collaborazione con i fornitori e per un migliore processo di sviluppo del prodotto. Bisogna anche ricordare che oggi quello che aggiunge valore ad un prodotto sono soprattutto i servizi che si vendono con esso, come ad esempio possibili upgrade e assistenza post- vendita.

Non si può trattare di Smart Lifecycle senza far riferimento al Product Lifecycle Management (PLM). Al termine PLM si dà, oggi, un doppio significato: PLM è sia il processo di gestione del ciclo di vita del prodotto, sia il software utilizzato per implementare il processo.

In sintesi, il PLM può essere descritto come l'insieme delle persone, dei processi e degli strumenti utilizzati per gestire un prodotto nel suo intero ciclo vitale: dall'ideazione alla progettazione, dallo sviluppo alla produzione, fino ad arrivare alla sua vita presso il cliente, grazie alle più moderne tecniche di raccolta di dati.

L'importanza del PLM nello Smart Lifecycle risiede nella sua capacità di mettere in relazione le varie attività legate al prodotto attraverso l'integrazione di diverse tecnologie, tra tutte, la data analysis, la simulazione avanzata e la Virtual Commissioning. Non solo integrazione sul piano tecnologico, il Product Lifecycle Management consente l'integrazione orizzontale di funzioni diverse tra loro, incluse la pianificazione delle risorse (ERP), la gestione dei rapporti con i clienti (CRM) e i fornitori (SCM) e le informazioni che derivano dal marketing.

La quasi totalità delle imprese gestisce già le informazioni di prodotto con strumenti come fogli di calcolo o documenti cartacei. Tali tradizionali attività, tuttavia, si rivelano inefficienti di fronte alla gestione di processi più complessi legati a prodotti sempre più intelligenti che forniscono servizi aggiuntivi al cliente, oltre a un utilizzo personalizzato della merce. In tal caso l'utilizzo di una piattaforma digitale finalizzata alla gestione integrata del ciclo di vita diventa indispensabile.

Nell'ambito dell'Industria 4.0 le tecnologie Cloud e quelle dell'Internet of Things (IoT), concorrono a rendere più efficace l'implementazione di soluzioni per prodotti complessi, generando quello che viene definito Smart Lifecycle. Grazie all'IoT ogni oggetto fisico acquisisce una proiezione nel mondo digitale, capace di identificazione, localizzazione, diagnosi di stato, acquisizione di dati, elaborazione, attuazione e comunicazione.

Nel frattempo, la tecnologia Cloud abilita, tramite la rete Internet, l'accesso diffuso, agevole e on demand alle informazioni fornite dagli oggetti IoT in un insieme virtualizzato, condiviso e di supporto ai processi produttivi e di gestione del ciclo produttivo. L'utilizzo delle nuove tecnologie, digitali e interconnesse, ha esponenzialmente aumentato il rischio di attacchi informatici a scopo di truffe, estorsioni, spionaggio e interruzioni di servizio. E sono proprio le tecnologie Internet of Things a essere le più vulnerabili.

Di tali rischi dell'Industria 4.0 si occupa l'ENISA, European Union Agency for Network and Information Security, che nel novembre 2018 ha pubblicato le linee guida per la sicurezza dell'Iot aziendale, per prevenire o rispondere adeguatamente a potenziali attacchi informatici e garantire sicurezza e protezione dell'ambiente IoT sia in termini di cybersecurity che di privacy. Sono 20 i domini di sicurezza che, stando alle analisi dell'ENISA, richiedono protezione. Domini suddivisi in 3 macrogruppi principali: Policies, Misure Organizzative e Misure Tecniche, per garantire rispettivamente la sicurezza delle tecnologie, di lavoratori e collaboratori e dell'ambiente industriale.

3.6.3 Il cambiamento per i mezzi produttivi: la “Smart Factory”

Il sistema di produzione è un'integrazione tra attrezzature e risorse di lavoro, che possono eseguire una o più azioni di produzione sul materiale, parte o insieme di parti. Esso è influenzato da molti diversi fattori, dal tipo di operazioni al numero di stazioni, dal livello di automazione al grado di flessibilità del sistema. Sulla base di questi fattori, si possono definire cinque tipi di sistemi di produzione che potrebbero integrare le tecnologie di Industry 4.0:

- la singola stazione automatica,
- il sistema di assemblaggio automatico,
- il sistema flessibile di produzione automatico,
- il sistema di produzione integrato dal computer,
- i sistemi riconfigurabili

Attualmente vi è ancora un divario fra questi sistemi e gli standard o i concetti di Industry 4.0. Ogni attuale sistema di produzione è in grado di coprirne alcuni: la singola stazione automatizzata è digitale e connessa per consentire flessibilità; i sistemi integrati dal computer assicurano una certa standardizzazione; i sistemi flessibili e riconfigurabili focalizzano sulla flessibilità. Eppure, neanche gli ultimi due più avanzati sistemi sono in grado di dare una risposta real-time al variare dei requisiti di produzione.

Nella figura 3.3 vengono evidenziate le maggiori differenze tra la tradizionale linea di produzione a trasferta e la “fabbrica intelligente”. La linea di produzione tradizionale ha una

struttura poco flessibile e punta a produrre un singolo tipo di prodotti o prodotti con limitate varianti. Generalmente è composto da diverse stazioni di lavoro distribuite lungo un nastro trasportatore: quando i materiali scorrono attraverso la linea, ogni macchina esegue il suo compito predeterminato. Ogni stazione ha un proprio controller indipendente, ma la comunicazione tra le macchine avviene raramente. Un sistema di produzione smart, invece, si propone di elaborare più tipi di prodotti. Pertanto, dal punto di vista del singolo tipo di prodotto, le macchine possono essere ridondanti (cosa che non avveniva nel caso precedente). Il sistema di trasporto deve essere flessibile per supportare vari percorsi di produzione, quindi non c'è un input o output definito come nel caso precedente. Praticamente le operazioni da eseguire sono decise grazie alla comunicazione tra il prodotto e la rete del sistema: la linea viene dunque riconfigurata per potersi adattare alle diverse tipologie di prodotto. (figura 3.3)

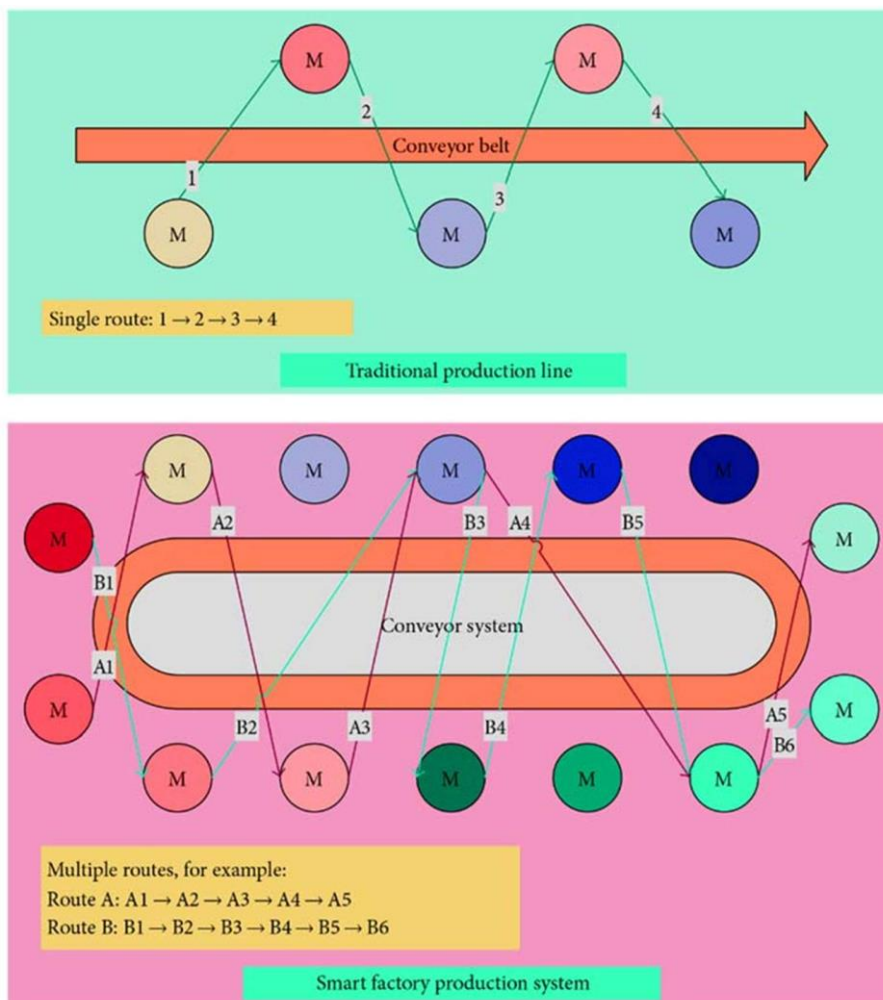


Figura 3.3 - Sistema produttivo tradizionale e nella smart factory

L'uso di codici di identificazione univoci nei prodotti permette di tenere traccia delle condizioni operative di tutta la filiera produttiva. Il componente trasportato prende il posto delle

documentazioni cartacee e permette un collegamento unico con un record nel database. Le macchine utilizzate, le stazioni manuali, i percorsi di trasporto sono così identificabili ed è più agevole registrare lo stato generale dei mezzi produttivi. Qualora si verifichi una problematica, l'attività di identificazione del problema e di risalire alla causa risulta semplificata. Le condizioni di lavoro possono quindi essere monitorate e viene fornita una mappa in tempo reale delle operazioni eseguite in modo trasparente (Wank, et al., 2016).

Le caratteristiche tecniche avanzate suggeriscono che la smart factory possa essere un promettente paradigma di produzione. Porta con sé molti benefici che possono far fronte alle sfide globali riguardanti la flessibilità, la produttività, efficienza di risorse ed energia, trasparenza nelle decisioni, profittabilità, facilità di interazione uomo-macchina.

3.7 I 9 PILASTRI DELL'INDUSTRIA 4.0

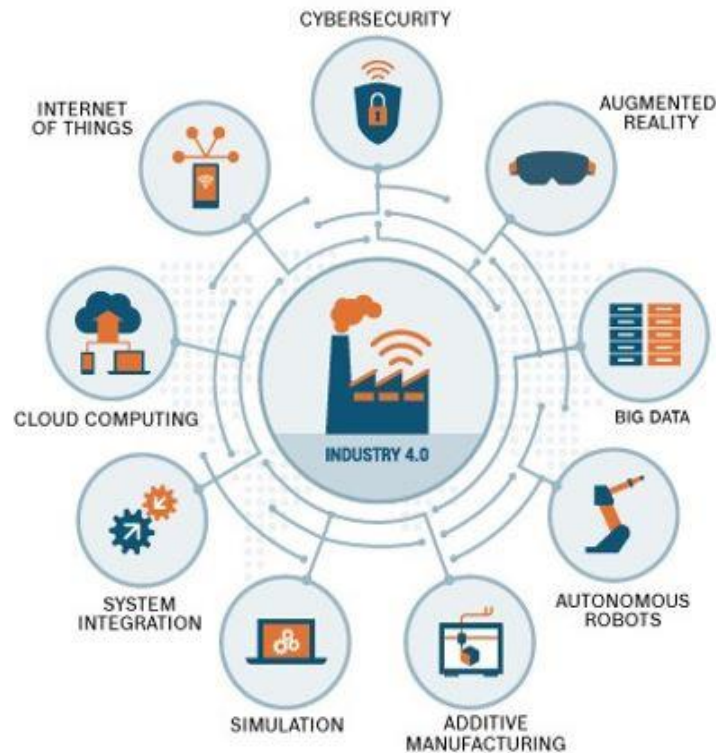
La società di consulenza Boston Consulting in un suo studio ha definito i 9 pilastri abilitanti alla trasformazione dell'industria in chiave 4.0 e specificato come la quarta rivoluzione industriale sia incentrata sull'adozione di quest'ultime, alcune di esse già note ma fino ad oggi non ancora utilizzate nel pratico, rimanendo fossilizzate nella ricerca applicata, senza entrare mai nella produzione vera e propria appunto oggi invece, grazie anche alle più strette relazioni fra sistemi, i mercati stanno evolvendo in direzione di una personalizzazione di massa, concetto molto interessante soprattutto per il settore manifatturiero.

L'implementazione nuove tecniche strategie ha la funzione di rendere il processo produttivo più snello ed efficiente facendo leva sull'innovazione tecnologica che permette di creare legami e relazioni fra i vari oggetti ed impianti presenti in uno stabilimento produttivo.

I 9 pilastri alla base dell'industria 4.0 sono:

1. Big data and analytics
2. autonomous robots
3. simulation
4. Horizontal and vertical integration of information system
5. Industrial Internet of Things

6. cyber security
7. cloud
8. additive manufacturing
9. augmented reality



3.7.1 Big data and Analytics

Consiste in una raccolta ed analisi di un grande numero di dati provenienti da diverse fonti a supporto dei processi decisionali. Vengono utilizzate diverse procedure per l'acquisizione ed analisi di informazioni utili, nel minor tempo possibile, da grandi dataset; si tratta quindi di processi di modellizzazione, analisi ed interpretazione.

Parlando di come i big data vengono generati ed acquisiti possiamo innanzitutto affermare che si presentano in una grande varietà di fonti grazie quali viene generata una classificazione in: human generated, machine generated and business generated.

Con i dati human generated ci riferiamo a quelli che si trovano tramite le piattaforme di social network come per esempio Facebook o LinkedIn ; blogging come Blogger and Wordpress, i siti di domande e risposte, come Yahoo Answer; i siti di recensione, come Yelp e TripAdvisor, i portali di e-commerce, come Ebay e Amazon, eccetera.

I dati machine generated invece sono prodotti da sorgenti quali sensori GPS, IoT, RFID, centrali di monitoraggio di eventi meteorologici, strumenti scientifici, sistemi di high frequency trading dei mercati finanziari, dispositivi biomedicali e quant'altro.

Infine ci riferiamo ai dati business generated quando intendiamo i dati delle due categorie precedenti ma generati all'interno di un contesto come quello di un'azienda; possono essere dati storici come pagamenti, ordini, dati di produzione, inventario, vendite e finanziari.

Una volta che i dati sono stati raccolti e classificati, bisogna creare un processo di estrazione che prelevi le informazioni richieste dalla grande fonte e le rappresenti una forma strutturata e standardizzata che possa essere adatta ad essere analizzata.

I dati vanno puliti ovvero privati di tutte quelle informazioni non vere al fine di garantirne la qualità. Si passa poi ad una fase in cui i big data vengono immagazzinati ed integrati cercando di soddisfare due esigenze fondamentali quali la memorizzazione ed organizzazione di enormi dataset e al tempo stesso la garanzia della disponibilità e contestualmente della capacità di interazione rapida e sicura con essi.

Successivamente si passa ad una fase di analisi il cui obiettivo è quello di estrarre valore da questi dati sotto forma di conoscenza al fine di trovare correlazioni e trend. Tale analisi effettuata su dati strutturati e non che vengono estrapolati da documenti, file multimediali e pagine web.

Infine il materiale a disposizione viene interpretato dagli analisti per fornire suggerimenti a supporto dei processi decisionali dell'azienda per sviluppare nuove strategie di marketing, espandersi su nuovi settori, aumentare l'efficienza delle imprese eccetera.

I big data (a differenza della business intelligence che rilevava tendenze servendosi di dataset limitati, dati puliti e modelli semplici) sono invece utili per dedurre leggi da grandi insiemi di informazioni attraverso la statistica inferenziale e sistemi non lineari, sono inoltre efficaci per rilegare i rapporti, dipendenze e previsioni di risultati e comportamenti utilizzando dati grezzi e modelli predittivi complessi e dataset eterogenei.

Gli investimenti in big data sono notevolmente cresciuti negli ultimi anni per un ammontare di 15 miliardi di dollari, questo è dovuto al fatto che un' economia forte e stimolata ad analizzare questi enormi quantità di dati per via soprattutto dei numerosi dispositivi che sono oggi in grado di trasmettere in continuazione e in numero molto elevato basti pensare ad esempio agli innumerevoli smartphone venduti e miliardi di persone che accedono a internet ogni giorno.

Essi contengono enormi quantità di informazioni che ci permettono di poter sfruttare i big data non solo nel settore IT (che non è altro che il grande starter da cui partire con gli strumenti necessari come il Cloud computing, gli algoritmi di ricerca ...) ma anche nei settori più disparati dall'automotive alla medicina, dal commercio all'astronomia, dalla biologia alla chimica farmaceutica, dalla finanza al gaming. In parole povere ogni settore dove ci sia marketing è interessato dai Big Data, dove l'uso di essi è familiare nella costruzione dei così detti metodi di raccomandazione (come i cookies), come quelli utilizzati da Netflix e Amazon per fare proposte di acquisto sulla base degli interessi di un cliente rispetto a quelli di milioni di altri.

3.7.2 Autonomous Robot

Analogamente a quanto constatato in merito all'applicazione dei sistemi integrati nei processi produttivi, anche per quanto concerne l'impiego di sensori e robot industriali in produzione, si dispone di testimonianze nella letteratura accademica e scientifica che fanno riferimento ad architetture e layout precedenti il fenomeno di Industria 4.0, come nel caso esplicativo dello standard CIM (Computer integrated manufacturing). Tuttavia, anche in questo caso risultano riscontrabili solo alcune analogie superficiali. Secondo il modello della produzione integrata di fabbrica, le officine dovrebbero essere deserte, in quanto completamente automatizzate, avvalorando una tesi poco realistica e desiderabile, sia sul piano tecnologico che economico. Il potenziale offerto dall'Industria 4.0 risiede, infatti, nella possibilità di migliorare le dinamiche interattive uomo-macchina, attraverso una nuova generazione di robot, collaborativi e capaci di apprendere in modo automatico, in piena corrispondenza con la visione di impresa humancentered, adottata nella nuova era industriale.

Con il termine human-centered design si definisce un approccio al design e allo sviluppo dei sistemi finalizzato a migliorare la loro fruibilità ed utilità, focalizzandosi sull'utilizzo a cui vengono destinati dall'operatore e sui requisiti dei nuovi ambienti industriali. Questi metodi di design consentono di ottenere sistemi più efficienti ed efficaci, considerando anche salute, sicurezza e soddisfazione personale degli operatori. I cobot (Collaborative Robot),

differentemente dai robot tradizionali, permettono infatti di supportare l'operatore in molteplici e differenti task; alcuni sono dotati di sensori in corrispondenza delle mani, per cui l'operatore può istruirli sul grado di pressione da esercitare sugli oggetti manipolati per non danneggiarli, altri sono in grado di percepire la vicinanza ad ostacoli ed operatori e modulare la velocità di spostamento per evitare l'impatto, motivo per cui non necessitano più di una gabbia di sicurezza entro cui operare (Figura 3.4).



Figura 3.4: Cobot realizzato da KUKA Roboter GmbH, utilizzato per installare ammortizzatori su Ford Fiesta.

Essi risultano inoltre facili da programmare, sono configurabili in poche ore e contraddistinti da una maggiore leggerezza e capacità di movimento, che li rende adattabili a diversi contesti applicativi.

Secondo questa prospettiva, i componenti fisici risultano quindi completati e potenziati da sensori, attuatori, software integrati, che consentono loro di processare e comunicare dati in modo più efficiente.

L'automazione in ottica 4.0 non è orientata alla progressiva sostituzione del capitale umano con macchine e *tool*, per contrarre le tempistiche di produzione ed organizzazione, bensì prevede un migliore *trade-off* tempo, costi e qualità, riservando a strumenti e macchinari le attività più ripetitive e routinarie, a sostegno delle risorse umane, che possono ora focalizzarsi maggiormente sullo sviluppo di competenze di alto livello, risultando, quindi, non più minacciate, ma valorizzate dal processo di automatizzazione e digitalizzazione della fabbrica.

Il collegamento ottenuto attraverso i sensori, infatti, non si limita ai soli mezzi di produzione, ma coinvolge anche prodotti e persone, lunga la catena del valore estesa su scala globale.

L'adozione di robot industriali permette di ridurre il tempo necessario alla realizzazione di un

componente, di ottenere qualità ed affidabilità del prodotto finito superiore, di minimizzare gli sprechi ed ottimizzare l'utilizzo degli spazi durante il processo produttivo.

3.7.3 Simulation

Diverse compagnie hanno da sempre fatto ricorso alla modellazione 3D come procedura standard del processo di ingegnerizzazione. La simulazione 3D – di comportamenti, movimenti meccanici, componentistica, etc. – ha un impiego attualmente limitato, destinato ad aumentare nell'Industria 4.0 quando essa la sfrutterà per migliorare la gestione degli impianti, che consentirà di introdurre all'interno dei modelli virtuali le leggi della fisica vigenti nel mondo reale. Inoltre, per operatori e utilizzatori sarà più semplice realizzare test affidabili, anticipare i comportamenti del prodotto e ridurre i costi della prototipazione nella fase di transizione a oggetto finito.

3.7.4 Integrazione di sistemi orizzontali e verticali

L'industria IT spesso realizza sistemi funzionali ma non realmente integrati, in cui l'impiego di interfacce proprietarie e software non ottimizzate per l'hardware genera dei *bottleneck (colli di bottiglia)* altrimenti evitabili. Compagnie, fornitori e clienti sono spesso scollegati tra loro; finanche i dipartimenti per lo sviluppo, la produzione e l'assistenza non hanno possibilità di cooperazione.

L'Industria 4.0 prevede di rivoluzionare le dinamiche aziendali rendendo i processi più coesi questo è il caso delle future cross-company, dei network universali di Big Data, delle catene di valore automatizzate e via dicendo. In merito a quanto detto finora, portiamo l'esempio della Dassault Systèmes che, assieme a BoostAeroSpace (compagnia fondata da Airbus, Dassault Aviation, Safran and Thales), partecipa a una piattaforma di collaborazione chiamata AirDesign, che si presenta come spazio di lavoro per collaborare alla realizzazione di sistemi per l'industria aerospaziale e della difesa, sfruttando le potenzialità derivanti da un network di partner e dipartimenti cooperanti per lo stesso obiettivo comune.

L'integrazione dei dati lungo tutta la catena del valore, fa in modo, quindi, che tutti i reparti e le funzioni aziendali diventino parte di un unico sistema integrato. In particolar modo andiamo ad analizzare più nel dettaglio l'integrazione verticale e l'integrazione orizzontale.

L'integrazione verticale riguarda la comunicazione e condivisione di informazioni, all'interno dell'azienda, ma in maniera trasversale rispetto alla sua struttura gerarchica della stessa.

Un sistema può dirsi integrato verticalmente se riesce a coinvolgere più soggetti, a partire dalla base (ad esempio le linee di produzione) fino ai piani alti del management, cioè coloro che hanno responsabilità decisionali e strategiche per l'azienda.

In questa maniera le informazioni attraversano velocemente tutti i soggetti coinvolti, tagliando di molto i tempi morti che solitamente intercorrono tra l'acquisizione dei dati e il momento decisionale: tutti sono allineati in tempo reale.

Per fare un esempio pratico, è il caso classico dei dati acquisiti relativamente all'efficienza produttiva: attraverso strumenti software come l'OEE; l'operatore in linea potrà vedere come sta andando la produzione della propria linea, verificare se ci siano dei problemi, registrare le causali delle fermate e dei difetti; in ufficio il manager visionerà la situazione sintetica di tutte le linee, potendo andare a vedere a ritroso nel tempo l'andamento della produzione, le cause dei fermi ecc..; in un altro ufficio, non necessariamente situato nello stesso stabilimento, un altro manager potrà comparare la produzione di diversi stabilimenti o di diversi prodotti..

Un altro esempio di integrazione verticale è quella che riguarda la connessione tra processi differenti: il processo delle manutenzioni che dialoga e si integra con il processo produttivo, acquisendo dati relativi a pezzi prodotti o il numero di fermi macchina dall'OEE.

Un'integrazione che arriva a coinvolgere altri dipartimenti, altri managers, altri sistemi.

L'integrazione orizzontale coinvolge soggetti esterni all'azienda come i fornitori o i distributori o altri soggetti ancora.

Azienda, fornitori e distributori sono qui legati da una rete di condivisione di informazioni attinenti, ad esempio; alla manutenzione delle macchine, o alla fornitura di materie prime: in tempo reale il fornitore può essere avvisato della necessità di approvvigionamento di una materia prima; oppure un fornitore di macchine potrà comunicare tutta una serie di informazioni, attraverso il cloud, che permetteranno all'azienda di gestire al meglio la manutenzione, sia attraverso azioni preventive che predittive, ad esempio utilizzando una piattaforma web-based come il Machine ledger 4.0 (Il Machine Ledger è un software o meglio un grande collettore di dati, attraverso il quale viene raccolto ogni intervento, schedato o improvvisato, il tempo dedicato all'attività, le soluzioni adottate: il tutto per perseguire un solo obiettivo, il miglioramento continuo e lo zero sprechi).

Nei casi più avanzati, l'integrazione orizzontale potrà raggiungere anche il cliente, il quale potrà ordinare il suo prodotto di massa personalizzato, interfacciandosi direttamente con le macchine presenti in linea di produzione.

3.7.5 Industrial Internet of Things

Si tratta di quelle insieme di tecnologie sensori che permetteranno agli oggetti in fabbrica, sia device che prodotti finiti, di comunicare e interagire tra loro e con le persone via rete.

Internet of Things (IoT) si riferisce alla sempre più crescente rete di dispositivi fisici con un indirizzo IP per la connessione ad Internet, e la possibilità di comunicazione tra questi ed altri dispositivi e sistemi Internet abilitati.

L'Internet delle cose espande la connettività Internet al di là di dispositivi tradizionali, come desktop e laptop, smartphone e tablet ad una vasta gamma di dispositivi e oggetti di uso quotidiano che utilizzano integrato per comunicare e interagire con la tecnologia ambiente esterno, il tutto attraverso Internet. Un oggetto classificabile come IoT può essere in grado di comunicare con uno o più dispositivi. Esempi di oggetti che possono rientrare nell'ambito di applicazione includono i sistemi connessi a Internet per la sicurezza, termostati, automobili, elettronica, illuminazione domestica e degli ambienti commerciali, di allarme, sistemi di altoparlanti, distributori automatici e altro ancora.

Le aziende possono usufruire di applicazioni IoT per automatizzare le operazioni di sicurezza (ad esempio, informare le autorità quando un incendio si blocca in un edificio), per il test A / B nel mondo reale utilizzando telecamere e sensori collegati in rete per rilevare come i clienti interagiscono con i prodotti. Le informazioni sulle prestazioni del sistema vengono ottenute in tempo reale e rendono più facili e rapidi i processi decisionali.

Quando si vuole implementare un sistema basato su IoT, va detto che raramente si parte da un'installazione ex novo, ma di solito si tratta di un upgrade dei sistemi e dispositivi esistenti, visto che già da molti anni i sistemi di produzione sono forniti di controller embedded o sensori.

3.7.6 Cyber-security

Con l'aumento della connettività tra device aumenterà l'esigenza, anche in fabbrica, di proteggere i sistemi di produzione e la rete informatica da potenziali minacce. La cybersecurity consiste nel difendere computer, server, dispositivi mobili, sistemi elettronici, reti e dati dagli

attacchi dannosi. Essa si applica a vari contesti, dal business al mobile computing, e può essere suddivisa in diverse categorie:

- Sicurezza di rete: consiste nella difesa delle reti informatiche delle azioni di malintenzionati ma anche di attacchi mirati o di malware opportunistico
- sicurezza delle applicazioni: allo scopo di proteggere software e dispositivi da eventuali minacce. Un'applicazione compromessa può consentire l'accesso ai dati che dovrebbe proteggere. Una sicurezza efficace inizia dalla fase di progettazione di un programma o di un dispositivo.
- Sicurezza delle informazioni: proteggere integrità e la privacy dei dati sia quelle di archivio che quelle temporanee.
- Sicurezza operativa: include processi e decisioni per la gestione e la protezione degli asset di dati. Comprende tutte le autorizzazioni utilizzate dagli utenti per accedere a una rete e le procedure che determinano come dove possono essere memorizzati o condivisi dati.

“Disaster Recovery” e “Business Continuity”: si tratta di strategie con le quali l'azienda risponde a un incidente di cyber security e a qualsiasi altro evento che provoca una perdita in termini di operazioni o dati.

Le policy di Disaster Recovery indicano le procedure da utilizzare per ripristinare le operazioni e le informazioni dell'azienda in modo da tornare alla stessa capacità operativa che presentava prima dell'evento.

La Business Continuity è il piano adottato all'azienda nel tentativo di operare senza determinate risorse.

La formazione degli utenti finali (e quindi le persone) riguarda uno degli aspetti più importanti della cyber security. Chiunque non rispetti le procedure di sicurezza rischia di introdurre accidentalmente un virus in un sistema altrimenti sicuro; pertanto, insegnare agli utenti come

eliminare gli allegati ed e-mail sospetti, a non inserire unità USB non identificate e ad adottare altri accorgimenti importanti, è essenziale per la sicurezza di qualunque azienda.

A livello globale le minacce informatiche continuano ad evolversi rapidamente, la maggior parte delle violazioni che sono imputabili a criminali malintenzionati, ha colpito servizi medici, rivenditori ed enti pubblici. Alcuni di questi settori sono particolarmente colpiti in quanto raccolgono dati medici e finanziari che sono alquanto appetibili ai cybercriminali.

Le tipologie di cyber minacce che potremmo incontrare, si dividono in tre grandi categorie:

- Cybercrimine: include attori singoli o gruppi che attaccano i sistemi per ottenere un ritorno economico o provocare interruzioni nelle attività aziendali
- Cyber attacchi: hanno spesso lo scopo di raccogliere informazioni per finalità politiche
- Cyberterrorismo: allo scopo di minare la sicurezza dei sistemi elettronici per suscitare panico o paura

Ma come fanno questi malintenzionati ottenere il controllo di un sistema informatico?

Tra i metodi più comunemente utilizzati per minacciare la cyber security troviamo il malware che è la contrazione di malicious software, per l'appunto software malevolo. Una delle minacce informatiche più comuni, trova spesso diffusione tramite allegati e-mail non richiesti o download apparentemente legittimi, il malwer può essere utilizzato dai cybercriminali per ottenere un guadagno economico o sferrare cyberattacchi per fini politici. Ne esistono parecchi come i virus o i trojan oppure lo spyware.

3.7.7 Cloud computing

Il National Institute of Standards and Technology (NIST) ha definito il cloud computing come un modello per consentire l'accessibilità, on-demand, in qualsiasi momento e in modo conveniente, di risorse (reti, server, database, applicazioni e servizi) condivise e configurabili, che possono essere facilmente rese disponibili con ridotti costi di gestione e con un elevato grado di automazione. Dal momento che la capacità delle singole imprese e la conoscenza in loro possesso risultano inadeguate a soddisfare la complessa domanda del cliente finale, questa tecnologia favorisce la collaborazione industriale tra differenti partner.

Già negli anni '70 e '80 l'economista statunitense Williamson, insignito del Premio Nobel per l'economia nel 2009, aveva trattato l'affermarsi di forme ibride di organizzazione nel continuum tra mercato, situazione in cui il manager acquisisce da altre fonti risorse e componenti, ed imprese, in cui si utilizza la gerarchia interna per sviluppare le competenze necessarie. Il modello misto, così definito, è chiamato rete d'impresa e può essere considerato come l'antecedente delle reti oloniche, in grado di esprimere livelli più elevati di creatività, rapidità e flessibilità, in relazione agli improvvisi cambiamenti dell'ambiente economico. L'obiettivo delle imprese che aderiscono alla forma di aggregazione olonico-virtuale consiste nell'utilizzo delle conoscenze, accumulate grazie all'interazione su piattaforme digitali, al servizio di una determinata richiesta del mercato. In un contesto di notevole flessibilità dei processi produttivi ed organizzativi e vista la crescente domanda di personalizzazione del prodotto da parte del consumatore nell'Industria 4.0, il cloud rappresenta il mezzo più idoneo per realizzare la collaborazione tra imprese e, una volta raggiunto l'obiettivo prefissato, consentire lo smantellamento di tali organizzazioni virtuali temporanee, in funzione di nuove ed eterogenee opportunità di business. La scalabilità della potenza di calcolo e della capacità di rete e di memoria, offerta dal cloud, permette infatti di gestire picchi improvvisi di attività, quali campagne pubblicitarie o fasi di produzione intensiva, con costi di investimento ridotti e spese per la gestione e la manutenzione dell'infrastruttura adoperata minime. Tale aspetto suscita particolare interesse soprattutto per le piccole e medie imprese (PMI), le quali possono disporre di capacità di elaborazione e memoria flessibili, senza dover sostenere costi elevati per l'installazione di un data center interno. Le applicazioni di cloud computing forniscono ai produttori software basati su cloud, che rendono possibile archiviare e processare grandi quantità di dati in modo distribuito, dashboard per la gestione connesse alla rete e supporti per la collaborazione tramite cloud, permettendo l'integrazione di risorse produttive fisicamente lontane e la creazione di infrastrutture per la comunicazione flessibili, attraverso siti produttivi e di servizio geograficamente dislocati. La realizzazione di simili piattaforme comporta la riduzione del tempo di design, in quanto i dati relativi ai clienti vengono memorizzati e possono essere consultati all'occorrenza da ogni utente del cloud in tempo reale, e la semplificazione dell'esecuzione degli ordini, attraverso la sincronizzazione di tutti i processi produttivi necessari al loro soddisfacimento.

3.7.8 Additive manufacturing

L'additive manufacturing (AM) è una tecnologia che permette la realizzazione di oggetti tridimensionali, a partire da un modello virtuale, senza l'utilizzo di utensili ma attraverso speciali macchine, dette stampanti 3D. Quest'ultima è attualmente utilizzata solo per la creazione di prototipi o per la produzione di specifici componenti. Queste tecnologie di additive manufacturing verranno utilizzate in modo più ampio per produrre piccoli lotti di prodotti altamente customizzati, ed essendo realizzabili in più centri dislocati sul territorio, permetteranno di ridurre distanze per il trasporto logistico dei prodotti finiti infatti realizzare componenti, prototipi e prodotti finiti tramite tecnologia additiva consente di abbandonare l'utilizzo di stampi e matrici per lo stampaggio. Il materiale (metallo, leghe, polimeri, ceramica, cemento, legno, fibre e materiali compositi) è infatti apportato punto a punto e strato su strato, secondo la geometria definita da un modulo CAD, analogamente a quanto accade per la stampa digitale di un documento. Esistono diverse tecniche per implementare questa tecnologia, in relazione al differente stato fisico del materiale utilizzato, tra cui:

- Deposizione di materiale fuso (FDM), in cui un filamento plastico è srotolato da una bobina, che fornisce il materiale ad un ugello di estrusione (riscaldato per poter sciogliere il materiale) in grado di muoversi sia in direzione orizzontale che verticale, seguendo il percorso tracciato da un software Computer-aided manufacturing (CAM).
- Sinterizzazione laser (SLS), in cui le particelle metalliche o polimeriche di un letto di polvere vengono fuse in seguito all'esposizione ad una sorgente laser, controllata da computer. Il piano di lavoro su cui è situato il letto di polvere si muove lungo l'asse delle z e, prima di ogni spostamento verticale, la sezione di materiale portata a fusione dal raggio laser viene fatta aderire allo strato precedente.
- Polyjet, in cui vengono depositati strati di fotopolimeri liquidi (resine termoindurenti) mediante testine di stampa multi-ugello, ovvero con ugelli alternati tra materiale del pezzo e materiale del supporto, contemporaneamente solidificati tramite due lampade a raggi UV soprastanti. L'AM rappresenta una tecnologia rivoluzionaria in quanto conferisce ai designer di prodotto una libertà costruttiva fin ad ora inimmaginabile. Attraverso la riduzione delle componenti ad incastro in un unico pezzo, vengono infatti minimizzate le fasi di assemblaggio e montaggio intermedie ed i corrispettivi costi, permettendo di realizzare in modo rapido ed economico architetture di prodotto complesse ed eterogenee.

Le tecnologie di AM forniscono infatti una serie di validi metodi per supportare la crescente tendenza alla personalizzazione del prodotto nell'era 4.0. Osservando le fasi iniziali del processo di sviluppo prodotto (concezione, progettazione preliminare e test e prototipazione), risulta infatti evidente come la maggior parte delle imprese abbia adottato queste tecnologie per ottenere migliori risultati. Tuttavia, per quanto riguarda il processo di fabbricazione nella sua interezza e le applicazioni connesse alla distribuzione, i casi concreti di utilizzo dell'AM sono ancora limitati e costituiscono allo stato attuale poco più che un'intuizione.

Matsuura Machinery Corporation, un'azienda giapponese specializzata nella costruzione di macchinari produttivi, ha recentemente sviluppato un sistema che combina, all'interno della stessa macchina, la tecnologia di sinterizzazione laser con un meccanismo per la fresatura ad alta velocità del pezzo stampato, eliminando la problematica necessità di post trattamento al termine dello stampaggio tramite fabbricazione additiva. L'abilità di progettare un pezzo e realizzarlo in qualsiasi parte del mondo, grazie all'impiego delle stampanti 3D, potrebbe così essere interpretata come la possibilità per uniformare la capacità produttiva su scala globale e vanificare disuguaglianze tecnologiche attualmente esistenti.

L'azienda Local Motors, a tal proposito, sta promuovendo l'implementazione di un modello economico di open-innovation in cui ogni fase del processo produttivo, dalla progettazione dei componenti e dei complessivi, fino alla scelta dei materiali e alla fabbricazione, può essere dislocata nel mondo senza incontrare barrier. Alcune aziende del settore aerospaziale, compresa GE Aviation, dello stesso gruppo dell'azienda statunitense General Electric, stanno già integrando l'AM in produzione per la Tecnologie abilitanti 27 costruzione di aeromobili più leggeri e con costi dei materiali, rispetto al titanio, minori. Nel 2018 anche la società Audi Ag, con sede in Germania, ha deciso di ampliare la gamma di opportunità offerte dall'AM, impiegata all'interno dei suoi processi produttivi, collaborando con uno specialista nella produzione di additivi metallici: SLM Solutions Group AG. Presso Audi, la fusione laser selettiva viene ora utilizzata per produrre sia prototipi che pezzi di ricambio su richiesta, in particolare quando essi risultano rari e di piccole dimensioni, per trarre il massimo beneficio da queste tecniche produttive meno convenzionali. La produzione su richiesta consente infatti di garantire l'approvvigionamento con pezzi di ricambio originali in modo economico e sostenibile, per quelle componenti alle quali è associata una domanda di mercato specifica. Infine Roberto Napione, Manager of Machine Center of Excellence SKF, durante un evento organizzato da Il Sole 24 Ore tenutosi nel mese di novembre a Torino presso l'Unione Industriale, racconta di come nello stabilimento SKF di Göteborg la robotica impiegata non

effettui esclusivamente il montaggio dei cuscinetti ma si occupi anche del cambio dell'attrezzatura, non più in metallo pesante ma costituita da pezzi stampati tramite fabbricazione additiva. Il vincolo sul peso trasportabile dai robot avanzati non rappresenta pertanto un limite, ma offre l'opportunità per ridurre il tempo richiesto dal processo di cambio dello strumento, grazie alla leggerezza delle componenti in plastica.

3.7.9 Augmented reality and virtual reality

Si tratta di sistemi che, attraverso un dispositivo mobile, come uno smartphone o dispositivi di visione (per esempio occhiali a proiezione sulla retina), di ascolto (auricolari) e di manipolazione (guanti), aggiungono informazioni multimediali alle realtà già normalmente percepita dall'uomo.

L'utilizzo di strumenti di modellizzazione digitale e di simulazione 3D di prodotti, materiali e processi produttivi, durante l'ideazione di prodotti complessi, è già in vigore da tempo e permette la riduzione delle tempistiche di sviluppo e l'ottimizzazione del consumo delle risorse. Più recenti sono invece gli studi orientati ad un'applicazione di tale tecnologia all'interno dell'impianto produttivo. Il gemello virtuale di ogni componente della factory ha origine nel concetto di digital shadow, l'impronta digitale costituita dalla registrazione dello stato operativo e dei dati di processo, relativi al prodotto in fabbricazione ed ai macchinari, responsabili della sua lavorazione. Le informazioni archiviate, messe tra loro in relazione mediante i modelli di simulazione, generano una replica digitale dell'elemento a cui si riferiscono. I modelli di simulazione, che raccolgono dati del mondo fisico in tempo reale per realizzarne una copia virtuale, permettono quindi agli operatori di testare virtualmente le impostazioni dei macchinari, relativamente al prodotto successivo da lavorare, prima del suo passaggio effettivo sulla linea, riducendo, come nel caso di Siemens, il tempo di set up di più dell'80%. Pertanto la simulazione consente, in aggiunta alla prevenzione degli errori in una fase primordiale della progettazione, di ottimizzare in corso d'opera gli impianti di produzione adottati. Raccogliere ed elaborare dati in tempo reale, con lo scopo di ottimizzare il decision making e le istruzioni operative, è reso ancor più facile da una classe di tecnologie relativamente nuova: la realtà virtuale (VR) e la realtà aumentata (AR), il cui valore secondo l'International Data Corporation è destinato a raddoppiare annualmente fino al 2021. La VR è scientificamente definita come l'applicazione della tecnologia del computer per creare un effetto di ambiente tridimensionale interattivo. Un ambiente sintetico, ovvero interamente generato al computer, con un sistema di proiezione stereoscopica, per fornire profondità allo spazio e far scaturire nell'utente il senso di

appartenenza alla scena virtuale, rappresenta, pertanto, il prerequisito di ogni soluzione di VR. Esistono essenzialmente tre possibili varianti, in ordine di immersività crescente: proiezione attiva con occhiali, proiezione passiva con occhiali polarizzati (Figura 3.5) e proiezione personale. Nell'ultimo caso, l'utente indossa un elmetto o casco, con due differenti schermi all'altezza degli occhi, riflettenti due immagini separate per ottenere la stereoscopia, dotato di localizzatore GPS che consente di variare la vista osservata in corrispondenza dei movimenti della testa effettuati. Un'altra possibilità prevede che l'utente si trovi all'interno di una stanza intelligente sui cui muri vengono proiettate delle immagini, la cui tridimensionalità è permessa dall'utilizzo di speciali occhiali.



Figura 3.5: Occhiali polarizzati per la realtà virtuale.

Le tecniche di VR hanno trovato principale applicazione nella fase di prototipazione e testing, che, grazie al loro ausilio, è stata velocizzata e resa più efficiente ed affidabile; così la realizzazione di un modello CAD di una sezione produttiva della factory, insieme all'impiego di visori e strumenti di realtà virtuale per rilevare i movimenti delle braccia degli operatori, ha permesso di testare anche la sicurezza delle interazioni indirette tra due postazioni di lavoro vicine e la loro ergonomia. Diversamente dalla realtà virtuale in cui sia l'ambiente che gli elementi informativi sono virtuali, la realtà aumentata è invece definita da Gartner come l'utilizzo in tempo reale di informazione testuale, grafica o sonora o di qualsiasi altra forma di comunicazione ad integrazione degli oggetti fisici. La realtà aumentata è da considerarsi quindi in qualità di supplemento dell'ambiente fisico, sovrapponendogli dati e contenuti generati

digitalmente, con l'obiettivo di semplificare l'esperienza utente e potenziare le interazioni con il mondo reale. In questo modo, la realizzazione di macchine e device con supporto dell'AR consente di presentare il progetto di un prototipo virtuale di una macchina nell'ambiente reale, favorendo una completa interazione con il prototipo da parte dell'operatore e permettendo di contrarre i costi ed i tempi di analisi e simulazioni.

Inoltre, la possibilità di sostituire documenti cartacei e file PDF, relativi alle istruzioni di lavorazione e montaggio delle componenti, con disegni tecnici e tutorial, consultabili tramite comando vocale direttamente nel campo visivo dell'operatore attraverso occhiali specifici per la realtà aumentata (Figura 3.6), è ritenuta da Ash Eldritch, CEO e co-fondatore di Vital Enterprises (sviluppatore di software per l'AR) uno dei principali vantaggi offerti dall'AR, rispetto ai precedenti supporti garantiti dalla VR.



Figura 3.6: AR per il *training* dell'operatore.

Parallelamente, la visualizzazione nell'ambiente reale delle istruzioni dettagliate, da compiere per svolgere uno specifico *task*, permette la formazione in tempo reale degli operatori, relativamente all'esecuzione di attività fino a quel momento sconosciute. La realtà aumentata è stata infine similmente adottata in attività di manutenzione e controllo qualità, come nel caso di Mitsubishi Electric, la quale ha realizzato, a questo scopo, una tecnologia basata su un modello 3D, che permette all'operatore di confermare l'avvenuta esecuzione di un'ispezione ed inserire i relativi risultati, tramite comando vocale su un display di AR.

3.8 Principi di progettazione

Vengono di seguito presentati quelli che sono stati definiti i principi di progettazione dell'industria del domani: quei principi, vale a dire, che aiuteranno le aziende a identificare dei modelli da seguire per implementare Industry 4.0.



3.8.1 Interoperabilità

Nelle aziende Industrie 4.0, il CPS e gli esseri umani sono collegati tramite IoT. Indica la capacità di dispositivi eterogenei di comunicare e scambiare informazioni in un'unica rete, risultando compatibili anche se di diversi produttori o acquisiti in tempi diversi. Questa esigenza è stata riconosciuta dalla Commissione tedesca per le tecnologie elettriche, elettroniche e di informazione che ha pubblicato il "German Standardization Roadmap" nel 2013.

3.8.2 Virtualizzazione

La virtualizzazione significa che il CPS è in grado di monitorare i processi fisici. I dati raccolti sono elaborati sfruttando modelli virtuali e modelli di simulazione. Bisogna quindi ricreare dei modelli virtuali della realtà, basandosi sulle loro elaborazioni per attuare scelte che riguardano i processi reali.

3.8.3 Decentramento

Visto l'elevato numero di variabili ed attività diverse, un controllo centralizzato di tutte le attività risulterebbe difficile. La presenza di computer integrati garantisce capacità di elaborazione locale e la rete permette lo scambio di informazioni in modo che il CPS funzioni essenzialmente con decisioni prese localmente. Tuttavia, per garanzia della qualità e per tracciabilità è necessario tenere traccia dell'intero sistema in qualsiasi momento.

3.8.4 Attività di Real Time

Per i compiti organizzativi è necessario che i dati vengano raccolti e analizzati in tempo reale, in modo da prendere decisioni tempestive: qualsiasi problematica o cambiamento deve essere affrontato nel minor tempo possibile. Per questo motivo, sistemi di programmazione giornalieri o settimanali non sono più adeguati.

3.8.5 Orientamento ai servizi

Il CPS non è in grado di fornire solo prodotti, ma soprattutto può offrire dei servizi alle attività aziendali. I servizi, come i prodotti, vengono offerti con personalizzazioni, assistenza, insomma come un servizio associato che va oltre lo scambio di beni fra produttore e cliente.

Analogamente si possono delineare nei confronti dei fornitori dei rapporti di fornitura di servizi oltre che delle materie prime.

3.8.6 Modularità

I sistemi modulari sono in grado di adattarsi in modo flessibile alle mutevoli esigenze sostituendo o espandendo singoli moduli. Pertanto, i sistemi modulari possono essere facilmente regolati in caso di fluttuazioni stagionali o variazioni delle caratteristiche del prodotto. Il principio di modularità richiede sistemi Plug-n-Play basati su standard comuni.

3.9 Problematiche ed ostacoli

McKinsey Digital ha riferito che il 90% delle aziende ha visto l'applicazione di Industry 4.0 come un'opportunità piuttosto che una minaccia, soprattutto in Europa.

Nonostante ciò, queste aziende hanno menzionato diversi ostacoli legati all'attuazione di Industry 4.0. In primo luogo, emerge la difficoltà nel coordinare azioni tra diverse unità

organizzative. I muri tra le diverse funzioni rendono il coordinamento di strategia e progetti digitali davvero difficili per l'intera organizzazione.

Un'altra barriera menzionata è la mancanza di coraggio per ottenere un cambiamento radicale, entrambi tecnico e organizzativo. Questo è strettamente correlato al tema della gestione del cambiamento presente anche in Lean.

Le aziende hanno anche dovuto affrontare un problema legato alla mancanza di talenti necessari. Di fatto, l'Industry 4.0 ha bisogno di persone con le competenze necessarie per gestire il nuovo paradigma e farlo funzionare. Dal momento che la quarta rivoluzione ha introdotto la robotica collaborativa nelle fabbriche, si ottiene una produzione per diversi aspetti più efficiente, dall'altro lato essa comporta inevitabilmente una riduzione dei posti di lavoro. Spesso il lavoro svolto da un robot equivale a quello di più persone, ottenendo però un prodotto meno soggetto ad imperfezioni. Questo porta ad un problema comune a tutti i paesi industrializzati, e se da una parte è provocato da un aumento delle applicazioni tecnologiche nei diversi processi industriali, dall'altra parte il problema dei posti di lavoro è causato anche dalle conoscenze richieste per poter sfruttare le nuove tecnologie.

Secondo la ricerca "The future of the Jobs" del gennaio 2016 nei prossimi 2-3 anni circa 7 milioni di posti di lavoro svaniranno, a fronte di circa 2 milioni necessari per sfruttare le tecnologie del futuro. Si crea quindi uno slittamento di richieste nelle figure professionali.

Queste conseguenze varieranno di Paese in Paese a seconda dell'attuale grado di industrializzazione. Sicuramente si può affermare che gli ambiti in cui si vedrà maggiormente questo fenomeno saranno quelle amministrative e produttive che perderanno inevitabilmente dei posti di lavoro, mentre andranno a risentirne positivamente l'area finanziaria, l'informatica e l'ingegneria. Le abilità più desiderabili in Industry 4.0 sono la gestione dei dati, lo sviluppo del software, la programmazione, la sicurezza dei dati, dati scientifici e analisi.

Un'altra preoccupazione riguarda la sicurezza informatica, o meglio la cyber-security. Visto che aziende ed enti pubblici inizieranno ad investire in sistemi come CPS e IoT, si troveranno anche a dover preoccuparsi della sicurezza di tali sistemi. Difatti quando si creano dei sistemi collegati interamente fra loro attraverso la rete, bisogna tenere presente che i rischi per l'intero sistema aumentano perché l'attacco ad un solo elemento di esso può avere conseguenze su tutto il sistema. Per questo motivo non solo dati ed infrastrutture devono essere protetti ma anche e soprattutto il loro network.

Quando si parla di cyber-security, non bisogna però pensare solo ad attacchi informatici da parte di hacker che vogliono deliberatamente arrecare danni ad un'azienda o ente. Infatti, diverse violazioni possono essere commesse sia da fornitori che da dipendenti aventi accesso a dati sensibili. Spesso vi è noncuranza o negligenza nella gestione dei dati con cui si lavora, esponendo così l'azienda a possibili intrusioni o perdita dei dati.

Per contrastare questi problemi bisogna quindi agire da un lato verso la sensibilizzazione dei dipendenti, che devono essere ben consapevoli della natura, importanza e riservatezza dei dati che usano (nonché sapere dove i dati vengono memorizzati) e devono avere una conoscenza di base di software o metodi che garantiscano un minimo di sicurezza; dall'altro lato, bisogna essere consapevoli anche dei rischi che possono provenire dall'esterno (e-mail, accessi a server o cloud). Per minimizzare i rischi di quest'ultimo tipo, si può agire mediante strumenti di cyber-intelligence, cioè soluzioni che entrino in funzione non più quando un attacco è stato ormai subito, ma che collezionino quotidianamente informazioni per prevenire un attacco assicurando all'azienda stessa e ai propri clienti: disponibilità, integrità e riservatezza nelle informazioni, quest'ultima definibile anche come privacy.

Un'ulteriore barriera, specialmente per quelle organizzazioni che hanno già avviato il processo di digitalizzazione, sono rappresentate da preoccupazioni sulla proprietà dei dati, per esempio quando un'azienda lavora con partner esterni. Questo problema è profondamente connesso con la sicurezza informatica, aggiungendo il problema della perdita proprietà sui loro dati. Infatti, l'Industry 4.0 funziona estrapolando i dati, il che è molto importante perché questa integrazione potrebbe essere un compito difficile da attuare. Sicuramente la presenza di soluzioni tradizionali spiana la via per l'implementazione di Industry 4.0.

Al contrario, la diffusione limitata di queste tecnologie rappresenta un limite nella maturità digitale e nella prontezza dei processi e coincide con difficoltà nell'applicazione di nuove e più avanzate tecnologie.

Il punto principale è che la quarta rivoluzione industriale ha le sue fondamenta nella terza. Al fine di investire in nuove "Smart Manufacturing Technologies", è obbligatoria una profonda conoscenza dello status quo aziendale: il livello di prontezza digitale al cambiamento è il punto di partenza per pianificare le decisioni e aggiungere un valore significativo ai processi dell'azienda e all'intera catena del valore.

3.10 L'impatto del Covid-19 nelle industrie italiane

Riporto un articolo del “Il Giornale delle PMI” del 16 Maggio 2021, nel quale viene descritto efficacemente l'impatto economico che la pandemia ha avuto nelle aziende italiane in questo difficile periodo:

<<La pandemia da Covid-19 ha generato uno shock economico senza precedenti, che ha colpito immediatamente e duramente l'economia reale, con un sostanziale blocco degli investimenti e del mercato del lavoro, che ne ha accentuato ulteriormente gli effetti negativi sul sistema economico.

Il quadro congiunturale si caratterizza, però, per un'elevata eterogeneità degli effetti sia a livello settoriale, sia per singola impresa. Lo shock sta infatti producendo, e continuerà a produrre nel prossimo biennio, **effetti fortemente differenziati** in funzione del diverso impatto delle chiusure nei differenti tipi di produzione, delle stagionalità del business, del rischio di obsolescenza dei prodotti e del grado di dipendenza da costi fissi quali affitti, canoni di leasing o oneri finanziari.

A questo riguardo, l'ultimo aggiornamento dell'Osservatorio Pulse realizzato da CRIF ha sottolineato come il crollo del fatturato delle imprese italiane registrato nel 2020 non verrà recuperato interamente nel 2021 (Fig.1), quando le stime di crescita sono del +7,5% a fronte di una perdita attesa del 11.1% nel 2020. Sarà invece necessario attendere il 2022 (+2.7% vs 2019) per tornare ai livelli pre-crisi.

Anche in termini di marginalità attesa, nel 2022 proseguirà il trend di ripresa iniziato nel 2021, riallineandosi con il livello pre-crisi anche se non totalmente.

Figura 1: previsione trend italiani per fatturato e marginalità operativa (ebitda margin) – valori mediani



Fonte: previsioni CRIF sulla base di scenari Oxford Economics

Nota: dati relativi ad un campione di oltre 700 mila società di capitali

Le previsioni di impatto sui diversi settori

Ciononostante, sia sul fronte delle dinamiche di fatturato che di marginalità operativa (Fig. 2a e 2b), diversi comparti economici sono previsti rimanere ben al di sotto dei livelli pre-crisi finanche nel 2022, a testimonianza dell'orizzonte di medio termine necessario ai settori più colpiti per tornare sui livelli di operatività ordinaria, anche per effetto delle mutate abitudini dei consumatori dettate dalla pandemia (ad es. distanziamento sociale, smartworking, digitalizzazione).

Dall'analisi delle previsioni settoriali e micro-settoriali emerge come i comparti più colpiti sotto l'aspetto di ricavi e margini operativi siano quelli correlati alla sfera del turismo, tra cui il trasporto aereo, i servizi di alloggio e le agenzie di viaggio. Date le tempistiche necessarie per un pieno ritorno alla normalità post pandemia questi tre micro-settori continueranno a presentare anche nel 2022 un fatturato inferiore di circa il 20% alla situazione pre-crisi.

Fortemente colpiti saranno anche il settore del commercio di autoveicoli (-4% di fatturato e -6.6% di marginalità - 2022 vs 2019) e quello delle costruzioni, per quanto queste ultime, potendo beneficiare di misure di supporto specifiche introdotte dal Governo

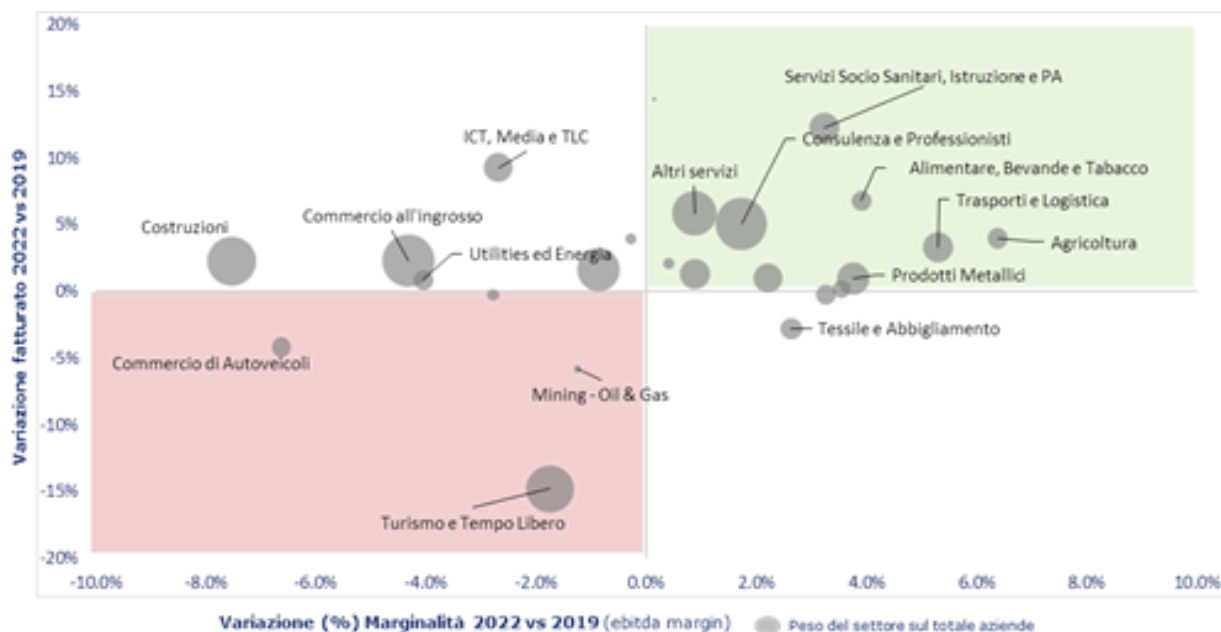
Italiano (es. "Ecobonus") ci si attende possano riuscire, quantomeno in termini di fatturato, a riassorbire già nel 2022 gli impatti della pandemia (+2.3% rispetto al 2019).

Viceversa tra i micro-settori che più di ogni altro coglieranno le opportunità di ripresa e di crescita vi sono quelli che hanno intercettato prontamente le esigenze emerse nella nuova normalità generata dalla pandemia, tra cui servizi postali e le attività di corriere, hosting e siti web, produzione ed edizione di software e i servizi connessi alle telecomunicazioni, tutti con tassi di crescita del fatturato in doppia cifra rispetto al 2019.

Dal punto di vista della marginalità operativa emerge inoltre come buona parte del comparto manifatturiero (es. Prodotti metallici, Tessile e abbigliamento, ...) continuerà a beneficiare nel medio termine delle misure volte all'ottimizzazione dei processi e della base costi, messe in atto per fronteggiare la fase acuta della pandemia.

Figura 2: Previsioni di ripresa economica dalla crisi (previsioni 2022 vs 2019)

Panel A: Analisi per Macro-settore



Panel B: Micro-settori più e meno colpiti dalla pandemia

| | Var % Fatturato [22vs19] | Marginalità [2022] |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| Trasporto aereo di passeggeri e merci | -20.7% | 4.9% |
| Servizi di alloggio | -20.0% | 13.2% |
| Agenzie di viaggio, tour operator e attività connesse | -18.5% | 2.9% |
| Servizi di ristorazione | -13.5% | 5.6% |
| Attività creative, artistiche, di intrattenimento, culturali e sportive | -12.5% | 7.0% |
| ... | | |
| Prodotti farmaceutici | 14.4% | 11.0% |
| Servizi connessi alle telecomunicazioni | 15.2% | 8.9% |
| Produzione ed edizione di software | 17.8% | 9.0% |
| Servizi postali e attività di corriere | 25.5% | 4.3% |
| Hosting e siti web | 35.5% | 7.9% |

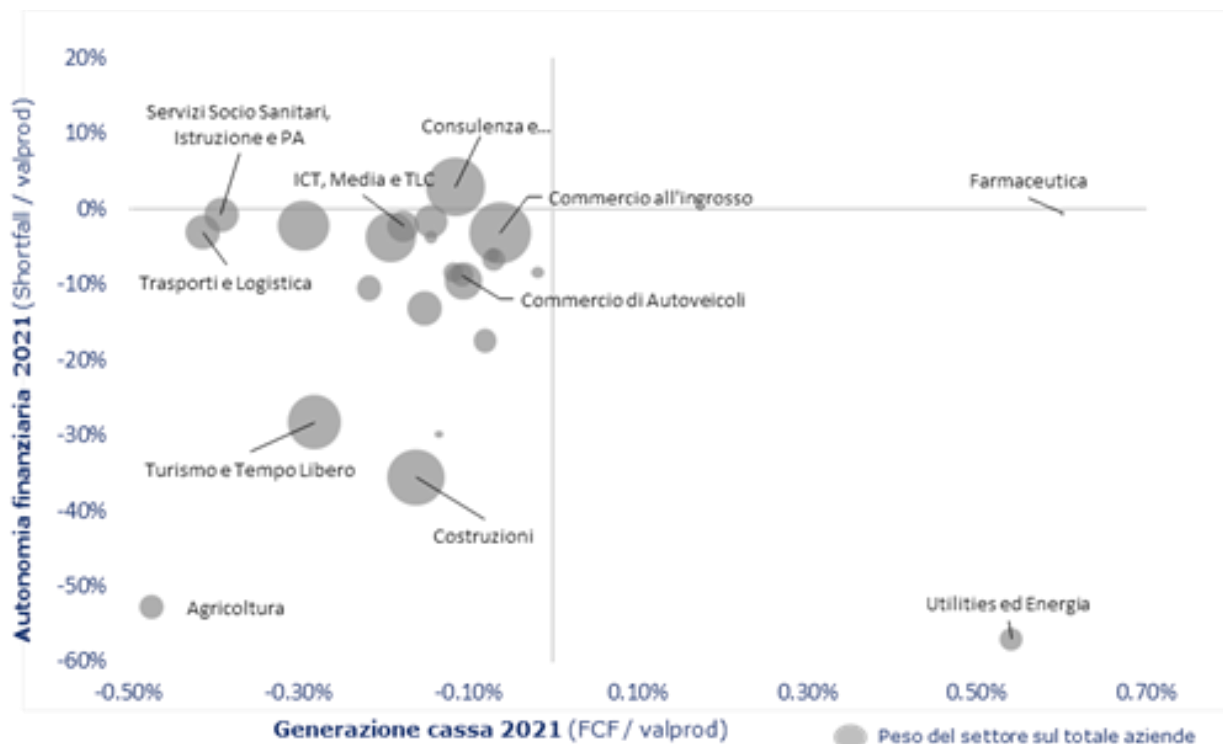
Fonte: previsioni settoriali e microsettoriali CRIF sulla base di scenari Oxford Economics

Gli impatti della crisi pandemica sul profilo finanziario delle imprese

Accanto ai riflessi sul fronte strettamente economico, specie in un'ottica di rischio creditizio, vanno poi considerati attentamente gli impatti sotto il profilo finanziario che le aziende dovranno affrontare anche nell'anno in corso.

Dall'Osservatorio CRIF Pulse Business emerge che buona parte dei settori economici continueranno a mostrare Free Cash Flow negativi (Fig. 3), per effetto della contrazione di fatturati e margini operativi e dell'allungamento del ciclo del capitale d'esercizio, solo parzialmente compensabili tramite la riduzione o il rinvio degli investimenti. Tale situazione, combinata alle importanti scadenze di debito finanziario a breve termine, per quanto in parte rinviate e rimodulate tramite il ricorso allo strumento delle moratorie e alle varie forme di credito supportato da garanzie statali, creerà per numerosi settori e aziende l'esigenza di reperire significativi importi di nuova finanza entro il 2021, sino a raggiungere per i settori più colpiti (e.g. turismo) e/o finanziariamente più esposti (e.g. agricoltura) percentuali di fabbisogno prossime al 50% del fatturato.

Figura 3: impatto finanziario della crisi – previsione 2021 per Macro-settore



Fonte: previsioni CRIF sulla base di scenari Oxford Economics

Una quota rilevante di tale esigenza finanziaria passerà attraverso il sistema bancario, che nel prossimo biennio, a fianco dello Stato, avrà un ruolo chiave nel processo di rilancio e di supporto dell'economia italiana, soprattutto per quanto riguarda le piccole-medie imprese.

“In questo contesto, la valutazione del merito creditizio dovrà necessariamente evolvere per riuscire ad intercettare le imprese virtuose in uno scenario in cui i dati storici e comportamentali (utilizzati dai rating interni delle banche) potrebbero non riflettere integralmente e tempestivamente questa eterogeneità di effetti. È infatti atteso un peggioramento complessivo delle valutazioni prodotte dai sistemi di rating interni, oltre che un aumento della loro volatilità, che potrà avere un riflesso negativo anche sui bilanci bancari tramite un potenziale aggravio in termini di capitale regolamentare” – commenta Simone Mirani, General Manager Operations di CRIF Ratings.

La resilienza alla crisi

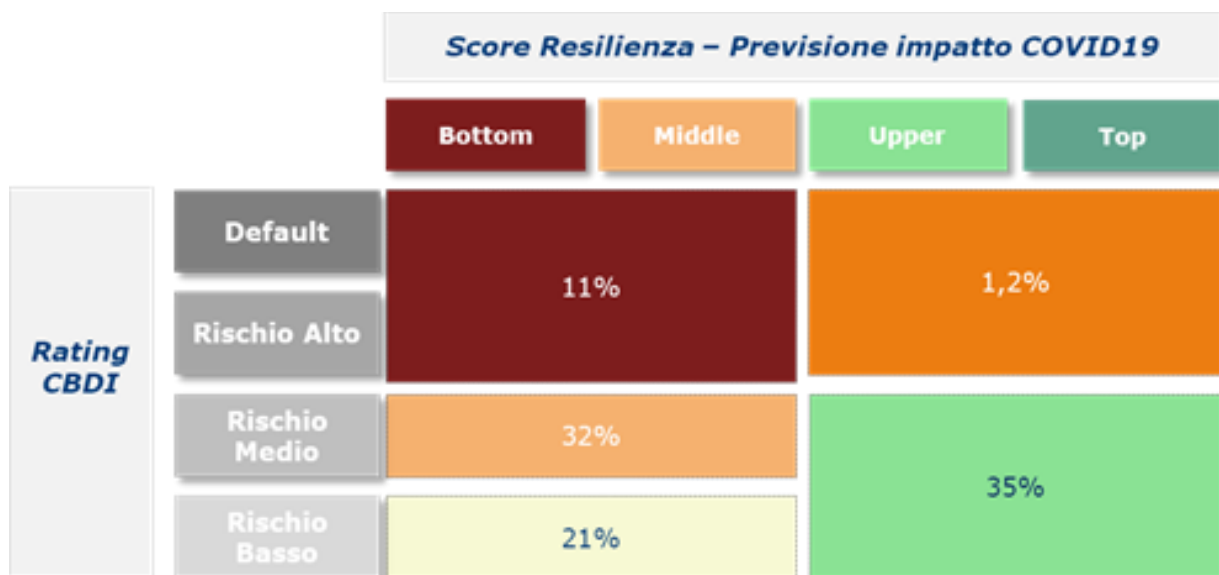
A questo proposito, lo studio condotto da CRIF su un campione di oltre 700 mila società di capitali non finanziarie integrando il rating tradizionale CRIF Business Default Index (CBDI) con lo score di resilienza Covid, indicatore proprietario che tramite l'analisi congiunta di dinamiche creditizie, andamento dei pagamenti commerciali e

scenari macroeconomici permette di prevedere la capacità di risposta delle imprese alla fase di downturn, evidenzia un quadro prospettico dalle molteplici sfaccettature.

Lo scenario contingente metterà infatti seriamente a rischio la stabilità dell'11% delle imprese, per le quali gli effetti della crisi andranno a incidere su strutture finanziarie già molto deboli in quanto sovra indebitate, poco patrimonializzate e con carenze di liquidità che ne minano la solidità creditizia. Per un **32%** di imprese che partivano da un profilo di rischio medio si prospetta un aumento della fragilità finanziaria in considerazione della forte esposizione agli impatti avversi del lockdown. Inoltre, un **21%** di imprese con un buon profilo economico finanziario potrà attraversare una temporanea difficoltà in mancanza di politiche di sostegno mirate.

Al tempo stesso, solo il 35% di imprese con profilo economico finanziario solido o discreto (imprese classificate a medio e basso rischio prima dello scoppio della pandemia) mostrerà una buona capacità di risposta alla congiuntura pandemica (Fig. 5).

Figura 5: Distribuzione delle imprese per CBDI e previsione impatto Covid.



Fonte: analisi previsionali CRIF

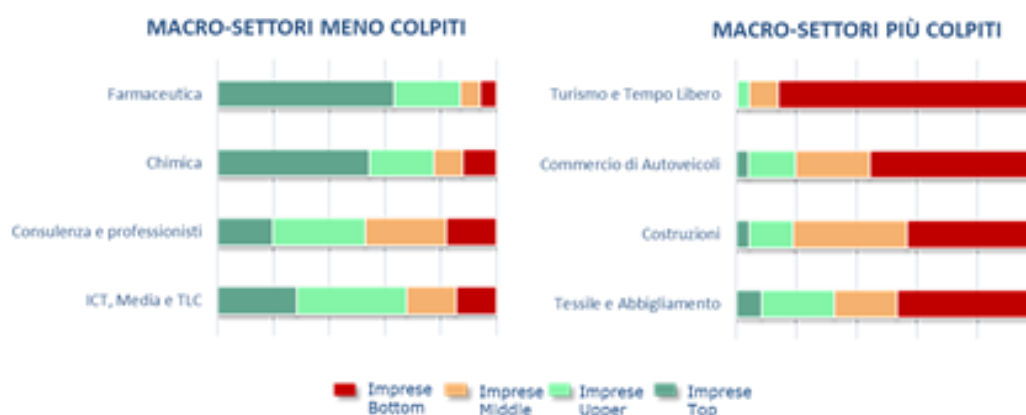
Nota: dati relativi ad un campione di oltre 700 mila società di capitali

Come accennato in principio, è fondamentale focalizzare l'attenzione sulle caratteristiche delle singole realtà aziendali. Le Fig. 6 e 7 mostrano come esista un'elevata dispersione delle performance prospettiche sia all'interno dei macro-settori che all'interno dei micro-settori.

Così come tra i "Top performer" (farmaceutica, consulenza, chimica e ICT, Media e Telco ...) esiste una quota significativa di imprese a medio-bassa resilienza e capacità di ripartenza (imprese dei segmenti middle e bottom), parimenti, all'interno di mercati più esposti agli effetti della crisi (turismo e i singoli micro-settori ad esso collegati come agenzie di viaggio, servizi di alloggio, trasporto aereo) si individuano comunque imprese solide e con elevate probabilità di superare la fase economica contingente e di assorbirne gli impatti (imprese dei segmenti top e upper).

Figura 6: Distribuzione per macro-settore delle performance delle singole imprese sulla base della previsione impatto Covid (Top=migliori, Bottom=peggiori).

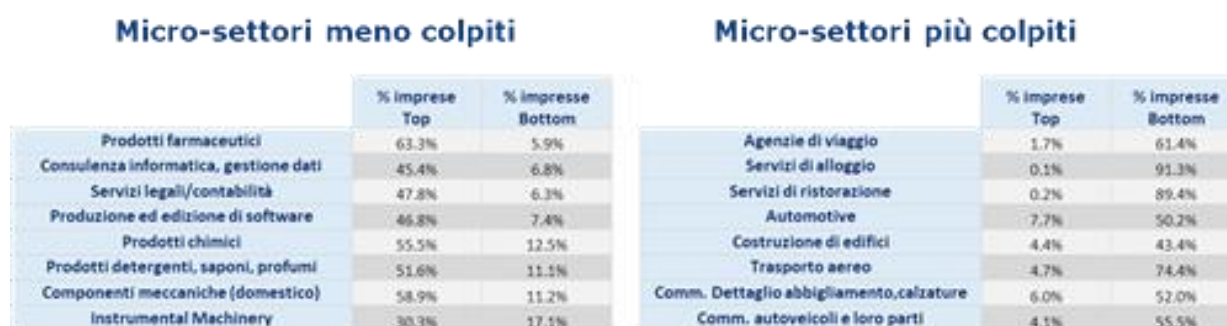
ETEROGENEITÀ DELLE PERFORMANCE PREVISTE ALL'INTERNO DEI MACRO-SETTORI



Fonte: Osservatorio previsionale CRIF Pulse Business

Nota: dati relativi ad un campione di oltre 700 mila società di capitali

Figura 7: % di imprese Top e Bottom per micro-settore



Fonte: Osservatorio previsionale CRIF Pulse Business

Nota: dati relativi ad un campione di oltre 700 mila società di capitali

"In questo contesto di impatti e recupero fortemente asimmetrico è fondamentale il ruolo del settore pubblico per evitare l'impennata dei fallimenti nei segmenti più colpiti dalle restrizioni, shock i cui effetti, in considerazione delle interdipendenze tra filiere, si potrebbero diffondere rapidamente a tutto il sistema economico" – spiega Simone Mirani, General Manager Operations di CRIF Ratings.

"Nel supportare il tessuto produttivo è però fondamentale che gli interventi di sostegno siano mirati a proteggere le singole realtà aziendali maggiormente impattate e in particolare quelle aziende o comparti che risultino strategici per il sistema e/o presentino un elevato potenziale di ripartenza, generando un effetto traino e ottimizzando così l'allocazione delle risorse." – conclude Matteo Squadrani, Data Science Manager di CRIF.>>

CAPITOLO 4: INTEGRAZIONE DELL'INDUSTRIA 4.0 NEL TPM

4.0 Introduzione

Esiste un legame tra il paradigma Industria 4.0 e la Lean Production?

La Lean Production in Occidente ha già compiuto infatti un percorso di sviluppo che ha attraversato varie fasi, passando dall'essere un insieme di tecniche che riducono le scorte e i tempi di risposta, a una metodologia, a dei principi e infine ad una cultura manageriale. Dal punto di vista della applicazione, essa è partita dalla produzione, per estendersi a monte e a valle lungo la supply chain, e poi coinvolgere anche tutte le altre attività aziendali: orizzontalmente in tutte le funzioni, e verticalmente fino alla visione strategica dell'Azienda.

E' dunque evidente la capacità di traino che la Lean potrebbe avere verso Industria 4.0.

Ad una prima, veloce analisi, Industria 4.0 e Lean Production mostrano diversi punti di contatto: l'enfasi sul coinvolgimento delle persone, la conoscenza distribuita sul campo, l'orientamento ai processi, l'attenzione alla misura e all'analisi del dato quale base del miglioramento. Al tempo stesso, vi sono anche marcati tratti di diversità della Lean: la vocazione alla semplicità, la tendenza a minimizzare il peso dell'automazione, a puntare alla semplificazione dei problemi più che sulla strutturazione di soluzioni complesse, e l'assenza di una base analitica solida (recuperata in seguito nella fusione col paradigma 6 Sigma) solo per citarne alcuni. Ad onor del vero, nel tempo, anche le pratiche più caratteristiche del mondo Lean hanno già subito una prima ibridazione con le tecnologie digitali: ad esempio, la tecnica Kanban, la "punta di diamante" delle tecniche Lean nell'alveo della gestione della produzione, è evoluta verso il "Kanban elettronico", in cui il segnale di sottoscorta, la tabelliera delle priorità e gli ordini conseguenti sono acquisiti, gestiti e distribuiti in modalità digitale. Questo esempio di ibridazione, tuttavia, va letto più come una naturale evoluzione della tecnica Kanban alla luce della ubiqua diffusione delle tecnologie ICT che non come un esempio di particolare affinità dei due paradigmi. Per comprendere dunque in profondità in che misura Industria 4.0 e Lean Production possono dunque giocare un ruolo di rinforzo reciproco nella trasformazione culturale necessaria in questa fase è necessario un confronto più maturo, che

non si fermi alla “automazione” delle singole pratiche, ma ricerchi, se vi sono, dei fondamenti comuni.

Nel suo famoso libro, Taiichi Ohno, l’inventore del Toyota Production System, illustra il sistema Toyota come una casa con due pilastri: Jidoka (automazione con il tocco umano) e Just in Time, entrambi poggiati sul Kaizen (miglioramento continuo) tramite l’uso del metodo scientifico: quindi basandosi su dati, fatti, analisi e deduzioni logiche, il tutto poi verificato tramite sperimentazione.

Partendo dal Kaizen, il paradigma Industria 4.0 sembra inserirsi molto bene nel solco di visione Lean: la disponibilità di dati precisi in tempo reale, abbinata a una elevata capacità di elaborazione, favoriscono il metodo scientifico grazie a informazioni obiettive, e facilitano la individuazione delle cause radice dei problemi, avendo la segnalazione e la informazione molto vicine a quando si è manifestato il problema. La tecnologia favorisce la rapida individuazione e rimozione delle cause dei problemi, e la digitalizzazione diffusa favorisce che questa analisi e risoluzione dei problemi avvenga anche essa in modo diffuso, coinvolgendo gran parte degli addetti dell’azienda, come professa la Lean.

4.1 Industria e TPM

Anche in altre pratiche del paradigma Lean sembrano esservi analoghi e forti punti di contatto; come nel TPM (Total Productive Maintenance) che è ritenuto uno dei pilastri fondamentali dell’approccio Lean e si occupa del miglioramento continuo delle prestazioni di impianto, comprendendo:

- obiettivi di disponibilità,
- regolarità di funzionamento,
- facile manutenibilità,
- ecc.

La gestione degli asset di un’azienda secondo i principi del TPM è ritenuta un prerequisito a garanzia del buon funzionamento di altre pratiche (come ad esempio il kanban stesso) attraverso il miglioramento dell’Overall Equipment Effectiveness (OEE) degli impianti.

Sofferamoci sull' OEE e di quanto nell'Industria 4.0 non si possa non parlare di quanto sia importante monitorare in modo costante e approfondito tutte le attività connesse alla produzione e alla gestione degli impianti produttivi.

Sicuramente a questo fine sono indispensabili le tecnologie per la raccolta dati dal campo, la loro elaborazione e presentazione e, non meno importante, è l'integrazione dei dati di processo con i sistemi informativi aziendali, ma quello su cui si vuole focalizzare l'elaborato, è l'importanza di definire dei metodi standard per misurare l'efficienza di un processo produttivo e, in particolare, sulla necessità di definire ed elaborare indicatori di prestazione che permettano di comprendere e condividere il buon funzionamento di un processo.

A tal proposito fino a qualche anno fa, erano veramente poche le aziende che avevano definito dei metodi standard per misurare le prestazioni di un processo, di una linea produttiva o di una macchina; ma oggi con l'avvento della quarta rivoluzione industriale i temi riguardanti la definizione e il monitoraggio dei Key Performance Indicator (KPI) in ambito produttivo sono sicuramente argomento di discussione più che in passato.

Oggi un Direttore della produzione non può non tenere in grossa considerazione i principali indicatori di sua competenza e, in particolare, l'Overall Equipment Effectiveness (OEE).

Questo parametro, letteralmente traducibile in "efficienza generale dell'impianto", è un indicatore di prestazione che combina altri tipici KPI di produzione per esprimere il livello di efficienza reale di una linea produttiva.

Per calcolarlo sono considerate la disponibilità della macchina, come per esempio su quanti turni è utilizzata, la sua prestazione in termini di tempo impiegato, ovvero per quante ore è realmente in funzione sulla linea di produzione, la prestazione che corrisponde alla velocità effettiva rispetto alla velocità nominale e la qualità dei componenti, che si riferisce alla quantità di pezzi buoni prodotti rispetto a quelli scartati.



L'OEE è giustamente ritenuto il principale indicatore di prestazione di un impianto produttivo perché, rispetto ad altri indicatori da cui viene derivato, è influenzato direttamente da eventuali inefficienze produttive come per esempio guasti, tempi di manutenzione, riattrezzaggio e scarti: tutti elementi che rallentano significativamente la produttività.

Per questo l'OEE misura bene l'efficienza generale, perché considera non solo come operano le macchine ma anche come lavorano le persone e come funzionano i processi di approvvigionamento, manutenzione o riattrezzaggio.

In qualsiasi conversazione di merito con un Direttore di Produzione questo KPI è un perno imprescindibile su cui ragionare, o un sintomo inequivocabile di necessità di miglioramento laddove questo non sia monitorato.

Andiamo a calare l'aspetto puramente teorico dell'OEE (trattato ampiamente anche nel capitolo 2) in un contesto reale: tipicamente, un'azienda che non ha mai affrontato progetti di miglioramento dell'efficienza e che non monitora i propri indicatori di performance, si attesta su valori non superiori al 50-60%.

Le aziende più attente a questi aspetti, invece, raggiungono facilmente il 70-75% e soprattutto riescono a mantenerlo nel tempo; ottenere un Overall Equipment Effectiveness pari all'85% è invece da considerarsi un risultato d'eccellenza. Naturalmente è virtualmente impossibile, invece, attestarsi sul 100%: questo significherebbe avere un sistema che non si ferma mai, che non effettua mai attrezzaggi e manutenzione.

D'altra parte, è bene considerare che raggiungere un risultato tra l'80-85% a partire, per esempio, da un valore pari al 60%, è un obiettivo solitamente raggiungibile da qualsiasi azienda che voglia dotarsi delle giuste tecnologie e affidarsi a un partner in grado di indirizzarne l'implementazione in modo concreto e profittevole.

Monitorare Overall Equipment Effectiveness non si traduce in un miglioramento automatico della produttività ma inizia a farlo quando abbinato ad una analisi dettagliata ed accurata dei motivi alla base della ridotta produttività. Un'analisi di questo tipo può essere svolta in modo tradizionale utilizzando dati reali rappresentati in modo ordinato e chiaro oppure attraverso tecnologie di analisi avanzata delle informazioni che oggi, sono ormai accessibili anche da aziende medie e piccole. Si tratta di un approccio che usa i dati e la valutazione delle performance produttive attorno agli indicatori chiave che li raccolgono come leva principale della trasformazione dei processi industriali.

Per dare un esempio fruibile con mano, riporto il lavoro di Dedagroup Business Solutions che hanno eseguito un ecosistema di laboratorio in partnership con Optoi e ProM Facility, il Polo di Meccatronica di Rovereto (TN), che li ha impegnati nella sperimentazione pratica dell'approccio data-driven alla trasformazione digitale dei processi industriali. Una prima sperimentazione ha riguardato il recupero dei dati di funzionamento di una macchina industriale. Queste informazioni sono state elaborate per costruire una dashboard in grado di aggiornarsi in tempo reale, andando a calcolare Overall Equipment Effectiveness in modo dinamico. L'applicazione concreta di questo approccio e di questo know-how ha generato interesse in quanto l'elemento atipico rispetto ad altre iniziative di questo genere, è relativo al fatto che la macchina monitorata era una troncattrice manuale ovvero non dotata di alcuna elettronica in grado di fornire dati riguardo al suo funzionamento.

Hanno sfruttato le competenze elettroniche sui sensori di Optoi, hanno effettuato il retro-fit della macchina dotandola di un sensore di vibrazioni, di un gateway di campo in grado di rilevare e analizzare i dati provenienti dal sensore, di un lettore di badge in dotazione agli operatori e ai manutentori per tracciare lo stato di funzionamento (disponibile, funzionante, in manutenzione) nonché la quantità di pezzi lavorati.

Per recuperare i dati riguardanti la qualità, invece, hanno integrato nel processo un'applicazione già in uso nella funzione qualità. Combinando questi elementi hanno calcolato Overall Equipment Effectiveness dell'impianto e posto le basi per avviare l'ottimizzazione della produzione.

Questa sperimentazione mette in evidenza come si possa implementare – in modo concreto e in tempi relativamente brevi – un sistema efficace per il monitoraggio dei KPI anche per quelle linee di produzione composte da macchine eterogenee provenienti da fornitori diversi o, addirittura, non nativamente dotate di capacità di elaborazione dei dati.

Una delle principali caratteristiche del TPM è lo sviluppo di un programma di manutenzione “operatore-centrico”, non solo per effetto della distribuzione dei compiti operativi di manutenzione ma anche per la raccolta di dati intensiva e continuativa, al fine di ridurre sprechi, difetti e downtime. Inoltre verrà supportato da tecnologie digitali su 2 funzioni di base:

- la conversione dei dati registrati in informazioni sullo stato di salute dei macchinari (con tecniche e sistemi di intelligence distribuiti nell’intero sistema di gestione di manutenzione della fabbrica, a partire dalla sensorizzazione dei macchinari stessi);

- la veicolazione del dato al momento giusto nel posto giusto (evitando che l’operatore di manutenzione debba “cercare” le informazioni, bensì che sia il “contesto” in cui sta operando a fornirglielo).

Ha assunto sempre più un ruolo focale all’interno dell’azienda soprattutto verso la fine degli anni ’80, con il diffondersi della robotica e dell’automazione, la figura del manutentore posizionato, soprattutto nelle aziende nelle quali si respirava una maggior aria di innovazione tecnologica. Si tratta di una figura professionale che è in grado di fare rapidi interventi di ripristino, controlli giornalieri, e piccole manutenzioni di routine, o di collaborare con le officine di manutenzione per lo svolgimento di interventi più impegnativi come, ad esempio, rilevare i transitori delle fermate e suggerire ai tecnici di officina azioni migliorative per eliminare alla radice le cause che le hanno prodotte.

Per quanto riguarda la diagnostica, se un tempo quest’ultima permetteva di attuare modelli di prevenzione basati, ad esempio, sul controllo vibrazioni, sulla termografia, sui controlli non distruttivi e altre pratiche a disposizione del manutentore per intuire una futura deriva verso i guasti, oggi la storia viene trattata in modo diverso: le pratiche diagnostiche e le conseguenti ispezioni facevano parte della manutenzione secondo condizione che ora prende il nome di manutenzione predittiva. Con l’evoluzione nell’ambito dell’ sensoristica , ci sono sistemi sempre più assistiti dalla AI (*Artificial Intelligence*), o comunque supervisionati da computer che estendono le funzioni originarie della diagnostica segnalando con grande anticipo situazioni

di deriva e di pericolo. In un certo senso la diagnostica assistita ingloba la manutenzione predittiva, sostituendo l'ispezione e la supervisione umana, con la supervisione basata su computer.

L'evoluzione dei sistemi informativi offrono un maggior supporto per la gestione delle risorse ma questo non toglie importanza all'operatore che sarà sempre indispensabile in quanto dovrà fare da ponte tra macchine e sistemi di gestione dovendo opportunamente integrare le mancanze causate dalle ineguatezze nell'architettura IT aziendale.

Esempi di software utilizzati:

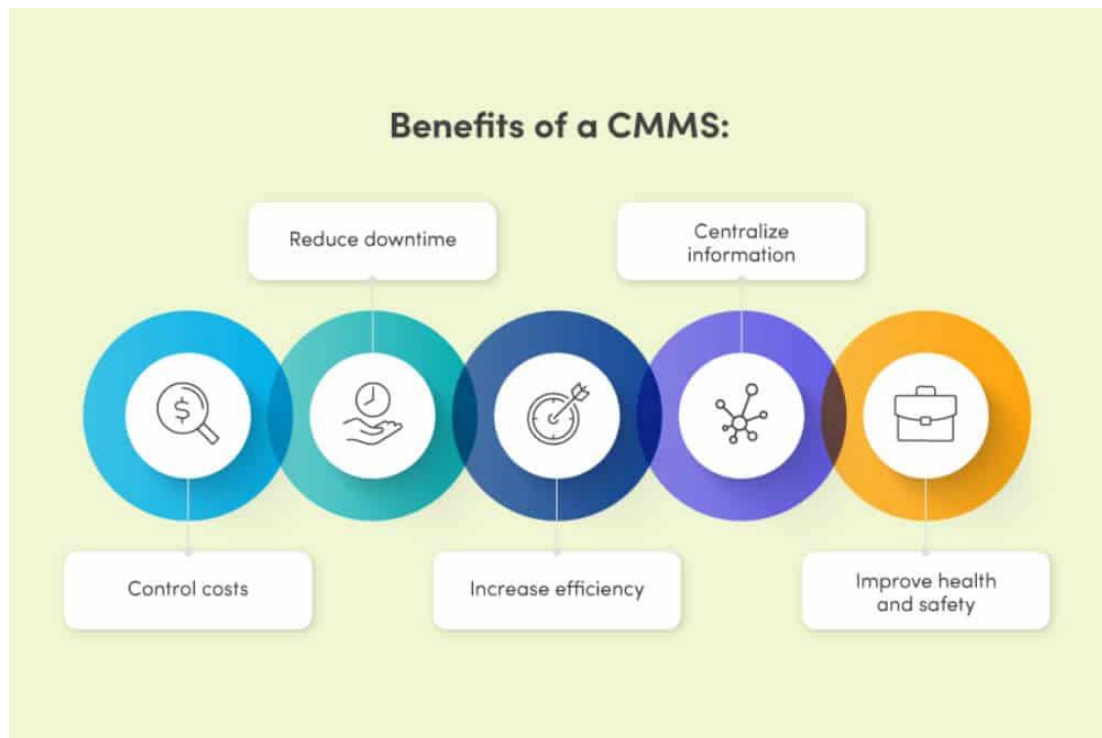
ERP Enterprise Requirements Planning → letteralmente "pianificazione delle risorse d'impresa", spesso abbreviato in ERP è un software di gestione che integra tutti i processi di business di un'azienda e tutte le funzioni aziendali (come vendite, acquisti, gestione magazzino, finanza, contabilità, eccetera) in un unico sistema, indispensabile per supportare il Management. I dati vengono raccolti in maniera centralizzata nonostante provengano da molteplici e differenti settori dell'azienda. Con l'aumento della popolarità dell'ERP e la riduzione dei costi delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione per l'informazione, si sono sviluppate applicazioni che aiutano i business manager ad implementare questa metodologia nelle attività di business, quali il controllo di inventari, il tracciamento degli ordini, i servizi per i clienti, la finanza e risorse umane.



Gli obiettivi che si vogliono raggiungere sono i seguenti:

- Migliorare l'efficienza aziendale da un punto di vista operativo, riducendo i costi e aumentando il controllo sulla gestione dell'azienda,
- Viene abbassato il rischio grazie all'integrità dei dati e grazie ad un maggior numero di controlli finanziari,
- Aumento dell'efficienza del management, infatti un aumento della reperibilità di dati rende possibile velocizzare e rendere più affidabili i processi aziendali e anche quelli decisionali,
- Migliore coordinamento tra gli utenti dei dati relativi ai processi aziendali, infatti questo sistema condiviso consente a più utenti di accedere ad un numero più elevato di informazioni,
- Si ha una migliore gestione delle risorse umane come ad esempio gli operai,
- Vengono ridotti i costi relativi alla gestione operativa, perché dal momento in cui i processi diventano più brevi e più precisi si risparmiano tempo e costi, così aumenta l'efficienza aziendale.

CMMS Computerized Maintenance Management System → letteralmente "Sistema computerizzato della gestione della manutenzione" è il termine con il quale si identifica un'applicazione software che supporta il sistema informativo per la gestione della manutenzione spesso integrata con l'ERP aziendale. Poiché si tratta di un errore molto diffuso, è importante non confondere il sistema informativo di manutenzione, con l'applicazione sottostante che lo supporta. L'applicazione si può acquistare, il sistema informativo è il frutto del lavoro quotidiano dei tecnici, senza il quale nessun risultato atteso di miglioramento è raggiungibile.



La norma UNI 10584 recita che il sistema informativo di manutenzione è un insieme di norme e procedure" ... "e può essere supportato in diverse forme" ... a partire da quella cartacea che fino a trent'anni fa era la più diffusa, per passare ai prodotti Office e per finire con le applicazioni dedicate dette CMMS che oggi rappresentano lo strumento più diffuso per supportare il sistema informativo di manutenzione. Il sistema informativo nasce con lo scopo di progettare, organizzare e gestire la manutenzione interna di aziende che non si occupano primariamente di manutenzione, o la manutenzione offerta da aziende specializzate, che fanno della manutenzione il loro *Core business*. L'applicazione software diventa quindi il principale strumento a supporto dei servizi di manutenzione, i quali se realizzeranno all'interno di essa un sistema informativo coerente con i fabbisogni espressi dai sistemi mantenuti e con l'organizzazione del servizio di manutenzione, potranno realizzare i seguenti obiettivi:

- miglioramenti nella prestazione impiantistica
- riduzione dei costi propri di manutenzione
- miglioramenti nella progettazione del sistema di manutenzione
- miglioramenti di efficienza/efficacia delle azioni manutentive
- miglioramenti nella definizione e nella gestione dei piani di manutenzione, delle politiche di manutenzione preventiva delle attività diagnostiche

- miglioramenti nella gestione dei ricambi e nella definizione dei corretti livelli di scorta

MES Manufacturing Execution System → Secondo la definizione del MESA International:

“sistema che acquisisce e distribuisce informazioni che consentono l'ottimizzazione delle attività produttive dal lancio dell'ordine al prodotto finito”. Quindi in sostanza, un sistema MES rappresenta un sistema informatico costituito da un'insieme di applicazioni software che implementano metodi e strumenti utilizzati nella produzione industriale. essi rispondono ad esigenze precise quali il tracking (ovvero la tracciabilità, indica il processo che permette di stabilire quali informazioni devono essere registrate e messe in evidenza che non è altro che l'attività da tracciare mediante apposita etichettatura) e tracing (ovvero la rintracciabilità, indica la capacità di ritrovare queste informazioni lungo la catena) della produzione, per determinare:

- quando un articolo o un semilavorato è stato prodotto
- con quali eventuali altri semilavorati è stato assemblato
- a quale fornitore è destinato

per quanto riguarda l'infrastruttura il MES utilizza tipicamente il paradigma client/ server e basi di dati relazionali, sono inoltre previste interfaccia per la connessione ad altri sistemi di gestione supervisione e viene eseguito da uno o più calcolatori connessi in rete. Il sistema informatico svolge tre funzioni principali:

- Raccoglie i dati in tempo reale
- Organizza archivia i dati in un database centralizzato
- Rendere i dati accessibile in tutta la rete e integrando i dati disomogenei provenienti da altri sistemi informativi ad esempio pianificazione e contabilità.

Il ruolo chiave di un MES è quello di colmare il vuoto tra il sistema di pianificazione e il sistema di controllo coniugando l'ottimizzazione dei processi produttivi e logistici con il controllo della disponibilità delle risorse e della qualità dei prodotti. infatti l'azienda manifatturiera si avvale di un software quale l'ERP per determinare come prodotti devono essere fabbricati E' una volta che il piano di produzione è sviluppato, è necessario tradurlo “ nel processo di produzione che utilizza le risorse reali effettivamente disponibili che è quello che svolge il MES è in grado di acquisire l' input del sistema di pianificazione per poi tradurre il piano in un linguaggio comprensibile all'impianto.

Ma quali sono gli obiettivi del MES?

1. fornire un modello di produzione reale → in che modo? attraverso il controllo delle disponibilità delle risorse (personale, macchine e materie prime) e attraverso il monitoraggio dell'attività dell'impianto con precisione dell'ordine di ore o minuti)
2. ottimizzare le operazioni manifatturiere → in che modo? attraverso un'analisi dei dati per individuare i miglioramenti attuabile eventuali cause che limitano le performance.
3. aumentare l'integrazione con il livello di business → in che modo? attraverso la definizione dei flussi di informazione scambiati col sistema di business e attraverso una definizione di uno standard.

Per quanto riguarda le funzionalità generali del MES, troviamo:

- la pianificazione delle attività di produzione per migliorare le prestazioni dell'impianto data la capacità affinità delle risorse
- l'allocazione delle risorse materiali umane e il loro monitoraggio
- la gestione della documentazione sulle merci, sulle risorse e sui processi di produzione
- l'analisi delle prestazioni di produzione secondo metriche standardizzate o proprietarie
- l'allocazione della merce
- la tracciabilità dei prodotti in modo che si possa sempre risalire alla loro storia nell'impianto
- la gestione delle attività di manutenzione per minimizzare l'impatto sulla produzione

Per quanto riguarda invece le funzioni primarie, troviamo:

- l'interfaccia con il livello di pianificazione
- la gestione degli ordini
- la gestione delle stazioni di lavoro
- la gestione dei materiali e del magazzino

- la movimentazione del materiale
- la raccolta dati
- la gestione degli eventi straordinari

Per quanto riguarda le funzioni di supporto, troviamo:

- La gestione della manutenzione
- la gestione delle presenze del personale
- controllo statico di processo
- controllo qualità
- dati /prestazioni di processo
- gestione della documentazione
- genealogia del prodotto
- gestione dei fornitori

Una organizzazione non-profit fondata nel 1992 dei principali produttori di software MES è il MESA, Manufacturing Enterprise Solutions Association che rappresenta una piattaforma per lo scambio di informazioni, esperienze capacità tra produttori MES, system integrators e personale d'azienda con lo scopo di espandere e migliorare l'integrazione dei MES nell'industria manifatturiera.

Il MESA distingue 11 attività primarie di un MES:

1. Resource Allocation and Status → gestione delle risorse e monitoraggio dello Stato corrente
2. Dispatching Production Units → gestione dei materiali in ingresso o prodotti intermedi utilizzati nella produzione
3. Data Collection / Acquisition → raccolta dati relativi al processo produttivo quali materie prime, personale, macchine

4. Quality Management → analisi e il prodotto e di processo e confronto con valori ideali
5. Maintenance Management → manutenzione macchine
6. Performance Analysis → confronto tra valori effettivi e desiderati misurati negli impianti
7. Operation/ Detailed scheduling → pianificazione dettagliata volta ottimizzare l'utilizzo delle risorse
8. Document Control → gestione distribuzione delle informazioni su processi/prodotti
9. Labor Management → gestione degli ordini
10. Process Management → controllo del flusso di lavoro dell'impianto di produzione
11. Product Tracking and Genealogy → documentazione di tutti gli eventi legati alla realizzazione di un prodotto

Alcuni problemi che il MES è in grado di risolvere sono riassumibili in 5 punti:

1. Una macchina di produzione si è guastata improvvisamente
2. un processo critico per la produzione ha bisogno di manutenzione preventiva, il MES mi permette di capire come rischedulare gli ordini per consentire la manutenzione
3. un cliente vuole sapere se raddoppiando il suo ordine la fornitura può essere garantita nei tempi previsti
4. un cliente richiede che ogni prodotto consegnato sia corredato da informazioni dettagliate sulla produzione
5. un cliente vuole sapere a che punto è il soddisfacimento del suo ordine

Nella tabella sottostante vengono riassunti i vantaggi e gli svantaggi a cui andiamo incontro nel momento in cui decidiamo di utilizzare un software di tipo MES.

| | |
|----------|-----------|
| VANTAGGI | SVANTAGGI |
|----------|-----------|

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> - miglioramento delle performance produttive - diminuzione dei tempi del ciclo di produzione - riduzione/ eliminazione dei documenti tra i reparti - riduzione/ eliminazione del data entry time - eliminazione dei documenti perduti - miglioramento della qualità del prodotto - riduzione dei WIP - capacità di risposta ad eventi imprevisti | <ul style="list-style-type: none"> - sono sistemi altamente personalizzati ne consegue pertanto dei tempi medio/ lunghi di progettazione - costi elevati - per alcune realtà l'introduzione di un MES comporta un cambio delle politiche di produzione - per beneficiare dell'ottimizzazione i dati raccolti devono essere fedeli alla realtà |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

4.2 Altre pratiche Lean applicate all'Industria 4.0

Un'altra pratica Lean che appare in forte sinergia con la digitalizzazione di Industria 4.0 è quella del Poka Yoke, ovvero della progettazione del processo a prova di errore. In questo senso, vi sono già numerose applicazioni, e alcune solide direzioni di sviluppo, in prospettiva. Se guardiamo al presente, l'adozione di principi Poka Yoke è fortemente favorita dalla standardizzazione di prodotto e di processo, la quale a sua volta richiede stabilità e costanza delle attività produttive. Per questo motivo, in contesti più "artigianali" o ad altissima varietà non è mai stato semplice adottare in modo ferreo i suggerimenti progettuali del Poka Yoke. Ad esempio, un'azienda produttrice di motori per l'agricoltura leggera ed il fai da tè, aveva implementato da anni molte pratiche del lean management sulle linee di produzione dedicate a motori a grande tiratura, ma sulla linea "flessibile", dove si assemblano manualmente fino a 10.000 varianti diverse di motore l'adozione di queste pratiche, con le tecnologie tradizionali, era molto limitata. Grazie all'utilizzo simultaneo di tag RFID (per l'identificazione del codice dell'assieme e dell'avanzamento di fase), di logiche di visual management applicate al display

operatore (visualizzazione della distinta di montaggio relativa a specifica stazione, colorazione dei componenti nello stesso colore dei cassettoni kanban) ed infine di sensorizzazione degli utensili di lavoro (per la misura della coppia di serraggio) è stato possibile ridurre in modo marcato gli errori di assemblaggio (vite errata, coppia di serraggio scorretta), anche a fronte di una elevata varietà dei task. Se queste applicazioni sono già possibili, l'avvento di nuove soluzioni digitali (la virtualizzazione delle fasi progettuali e del commissioning di impianto, i nuovi dispositivi HMI e la realtà aumentata, solo per citarne alcune) consentirà di anticipare la verifica dei principi del Poka yoke già in fase di progettazione ed ingegnerizzazione del processo, incrementando ulteriormente le prestazioni di qualità (intesa come conformità), ergonomia e produttività del lavoro.

Intimamente legato a questo aspetto, ed in particolar modo alla virtualizzazione delle fasi progettuali, anche lo sviluppo di nuovi prodotti vedrà un rafforzamento delle pratiche di Lean design grazie alle tecnologie digitali dell'Industria 4.0. La crescente possibilità di raccogliere dati dal campo (IoT e Smart Product), di analizzarli in modo costruttivo (Big Data) e di procedere a simulazioni e sperimentazioni più rapide (si veda tutto il tema HPC) aprono grandi potenzialità progettuali. La connettività e la virtualizzazione avanzata permettono anche ai progettisti e agli sviluppatori (che sempre più sono essi stessi risorse distribuite) di perseguire l'indicazione pragmatica del Lean del "go to gemba", "vai a vedere". Verifica, studia, controlla ciò che le tue azioni progettuali comportano nel reale utilizzo di un prodotto o di un sistema.

Si potrebbero fare molti altri esempi di pratiche Lean che beneficeranno delle tecnologie digitali, rimanendo nell'area della progettazione, dell'ingegneria, della gestione della produzione e della manutenzione oppure muovendosi verso la supply chain, dunque parlando di gestione dei fornitori e pianificazione integrata.

Ma questi esempi mostrano solo un primo livello di affinità: quello che permette l'evoluzione delle pratiche Lean tramite adozione delle tecnologie ICT per aumentare la efficienza e la qualità del processo. Per valutare se vi sia una identità culturale profonda dobbiamo tornare ai due principi fondanti del Lean Manufacturing, come posti da Taiichi Ohno, ovvero Jidoka e Just in Time. In che misura Industria 4.0 è davvero in sinergia con questi due principi?

Jidoka rappresenta la visione giapponese all'automazione, volta non solo a togliere all'essere umano la fatica fisica, ma a renderlo indipendente dalla macchina e complementare ad essa. Una delle prime applicazioni di questo principio ha permesso di passare da un sistema produttivo in cui ogni telaio aveva bisogno di un operatore dedicato che individuasse la rottura

di un filo di trama o di ordito per fermarne la produzione e intervenire, a un sistema in cui il telaio aveva la intelligenza sufficiente a capire se si fosse rotto un filo: nel qual caso si fermava da solo e chiamava in aiuto l'operatore. L'operatore non era più al servizio della macchina con funzione di controllo del buon funzionamento, ma era la macchina che lavorava per l'operatore, fermandosi e chiamandolo in caso di necessità. In questo modo con lo stesso numero di operatori si potevano seguire molti più telai, e i risultati qualitativi erano di gran lunga superiori. In questo senso, il mito della fabbrica "unmanned" non è mai stata parte della lettura giapponese dell'automazione, dal momento che l'obiettivo era, appunto, aumentare la centralità e la partecipazione dell'uomo.

Ora è evidente che le rinnovate possibilità dell'automazione avanzata, insite in talune soluzioni robotiche disponibili e raccolte sotto il cappello di Industria 4.0, possono far ricadere nella tentazione di tornare a proporre modelli di automazione con una visione "escludente" rispetto al contributo umano. Perché si crei una sinergia profonda tra Lean e Industria 4.0, dunque, l'automazione dovrà essere orientata nella giusta direzione, investendo le risorse necessarie per l'adattamento del processo, per la formazione degli operatori, perché la visione di lungo termine, e quindi la convinzione nel contributo al miglioramento dato dall'operatore, prevalga. In questo senso, l'insegnamento della Lean e le numerose evidenze del valore di questo approccio, dovrebbero essere i migliori antidoti rispetto a questa, purtroppo esistente, tentazione.

Just in Time, invece, è il principio secondo il quale la visione Lean collega le diverse risorse che fanno parte del sistema complessivo. Elemento chiave è il passaggio da un modo basato sulla pianificazione (MRP) a un modo basato sulla reazione, ad un sistema tirato dal cliente. Quanto più le tecnologie e gli elementi organizzativi permettono al sistema di essere rapido, tanto più il sistema può reagire agli eventi, anziché anticiparli basandosi su previsioni che sono naturalmente imprecise. Inutile dirsi che questo cambiamento culturale, nelle imprese manifatturiere reali, è ancora tutt'altro che maturo, e che processi e prodotti non sono sempre disegnati per sposare il principio del "flessibili e rapidi alla richiesta del cliente".

In questo caso, il paradigma Industria 4.0 sembra addirittura alzare l'asticella, andando ad offrire una visione dell'infrastruttura produttiva (dunque delle risorse di shop floor così come di quelle di supply chain) che possa essere attivata in pull, e questo grazie al paradigma del cloud manufacturing articolato nel suo livello "Manufacturing as a Service". Questo passaggio è ancora decisamente lontano, tanto nella cultura delle aziende, quanto nella realizzabilità pratica

consentita dallo stato dell'arte delle tecnologie, con alcune limitate eccezioni (ad esempio, il mondo della stampa 3D di materiali plastici) e con alcuni primi tentativi degni di nota in realtà industriali manifatturiere più semplici. Ma è forse qui che si deve realizzare l'identità più profonda tra questi due paradigmi e, come nel caso del Jidoka, la verità è che c'è molta strada da fare.

Dunque, quanto sono vicine Lean ed Industria 4.0? Quanto è facile la loro integrazione culturale? In che misura l'esistenza di un percorso Lean in azienda può rappresentare una facilitazione anche per l'avvio di una più profonda trasformazione digitale? Come discusso in questo breve saggio, vi sono dei tratti di naturale sinergia, evidenti al livello più superficiale delle pratiche. Ma vi sono anche delle fortissime sinergie a livello dei principi, dove però pochissimo è già stato conseguito. Una discussione approfondita delle direzioni di lavoro, in questo senso, va oltre gli scopi di questa prima memoria.

Proprio su questi due pilastri, pertanto, torneremo a proporre un approfondimento, sia per discutere a che stato siano la ricerca (tecnologica e sui modelli organizzativi) e l'offerta sul mercato, sia per discutere, attraverso casi di studio ed esperienze dirette, quale sia il reale livello di comprensione di questa profonda identità da parte delle aziende, sia della domanda, sia dell'offerta.

CAPITOLO 5: Gli ostacoli nascosti dell'Industria 4.0 secondo il BCG

5.0 INTRODUZIONE

Negli Usa l'adozione di tecnologie digitali, secondo il modello Industria 4.0, ha riguardato un tale numero di realtà produttive e per un periodo di tempo così ampio, da permettere studi approfonditi su costi e benefici di tali operazioni. Nel gennaio 2018 il prestigioso The Boston Consulting Group ha pubblicato l'importante report *“Avoiding the hidden hazards of Industry 4.0”* nel quale si afferma:

“The promise of industry 4.0 is real. new digital technologies enable manufacturers to capture significant value thorough improvements in flexibility, productivity, quality, speed, and safety.”

indeed, it is essential for companies to implement these technologies in order to reach the highest levels of operational excellence (see “when lean meets industry 4.0: the next level of operational excellence”, BCG focus, December 2017)”

Vengono sottolineate inoltre i quattro rischi associati all'implementazione di nuove tecnologie: questi includono il perseguimento di piccoli guadagni ignorando le opportunità di grandi ritorni da obiettivi più promettenti, la digitalizzazione dei processi senza affrontare le inefficienze sottostanti, l'ignoranza delle cause e comportamentali alla radice dei problemi di processo e il perseguimento di soluzioni high-tech senza valutare l'intero costo della loro implementazione e senza considerare alternative più semplici che potrebbero arrivare alle stesse soluzioni (se non addirittura migliori) per meno soldi. al fine di evitare questi pericoli le compagnie dovrebbero comprendere le loro problematiche nell'ambito della performance dell'azienda, prima di investire in soluzioni dell'industria 4.0. le aziende, che useranno queste intuizioni per definire un approccio che includa applicazioni ottimali della tecnologia digitale, sono definite vincitrici.

Molte compagnie che investono nelle tecnologie dell'industria 4.0, perdono di vista che la regola generale nell'80% di valore aggiunto viene dalla risoluzione del 20% dei problemi in questione. Da qui nasce la regola dell'80/20, basata sul lavoro dell'economista Vilfredo Pareto, basata sul concetto che i produttori dovrebbero focalizzarsi sul risolvere un piccolo numero di problemi che permettono di offrire la maggior parte delle opportunità di miglioramento finanziario. Nella maggior parte dei casi però, le aziende non conoscono i problemi su cui devono focalizzarsi, in quanto non hanno quantificato l'impatto finanziario dei miglioramenti operazionali e in aggiunta, molto spesso si incorre nella foga di utilizzare analisi avanzate e una tecnologia all'avanguardia tralasciando in questo modo i problemi da risolvere.

5.1 Gli sprechi

Troppo spesso, infatti le aziende utilizzano in maniera impropria le tecnologie avanzate al fine di automatizzare o digitalizzare attività o fasi di elaborazione che non aggiungono un vero e proprio valore all'azienda e vengono pertanto definiti come sprechi all'interno della produzione snella. Tali implementazioni cercano di migliorare i modi di lavorare esistenti senza affrontare le inefficienze; al contrario le aziende dovrebbero implementare le applicazioni tecnologiche al fine di ridurre al minimo o eliminare le cause profonde degli sprechi per il futuro.

5.1.1 Sovrapproduzione ed inventariato

I produttori spesso investono in automazione e sistemi IT sofisticati per gestire le loro vaste scorte di magazzino. Innanzitutto, l'approccio migliore consiste nella comprensione del motivo per cui i livelli di inventario sono così alti: molte aziende producono una quantità eccessiva di merci e mantengono alti livelli di inventario al fine di creare una riserva per soddisfare la domanda. Il buffer offre a un'azienda un margine di manovra nel caso in cui le sue previsioni di domanda e offerta siano imprecise, o nel caso in cui si trovi a lottare per sincronizzare le attività lungo la catena di fornitura o per far fronte a variabilità significativa e interruzioni della produzione o dei fornitori.

Piuttosto che utilizzare l'automazione per ridurre il costo dei magazzini, le aziende dovrebbero cercare soluzioni lungimiranti che mirino a ridurre o eliminare la necessità di immagazzinamento.

Tali soluzioni possono includere l'implementazione delle seguenti misure:

- Aderire in modo rigoroso e coerente a un processo integrato di pianificazione delle vendite e delle operazioni.
- Adottare sistemi pull, in cui i magazzini riempiono le scorte solo dopo che sono scese a un livello predeterminato.
- Collaborare con i clienti e condividere informazioni in tempo reale sugli inventari a valle presso distributori o punti vendita.
- Allineare gli incentivi, i ruoli e le responsabilità organizzative al fine di eliminare i comportamenti che portano a una previsione eccessiva o insufficiente.
- Utilizzare l'intelligenza artificiale per migliorare le previsioni.
- Ridurre la proliferazione di unità di stoccaggio.
- Accelerare i cambi di produzione e aumentare la flessibilità nella produzione.
- Ottimizzazione della configurazione degli impianti e dei footprint di distribuzione.

5.1.2 Trasporto e movimento

Per trasportare gli articoli all'interno di stabilimenti e magazzini più velocemente e in modo più efficiente, molte aziende investono in costosi sistemi di trasporto o veicoli a guida automatica.

Prima di effettuare tali investimenti, tuttavia, dovrebbero considerare se possono ridurre la necessità di trasporto interno, ad esempio modificando i layout o introducendo sistemi di pull con meno punti di inventario.

| LEAN WASTE | TYPICAL INDUSTRY 4.0 SOLUTIONS | ALTERNATIVE SOLUTIONS TO ADDRESS ROOT CAUSE |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Over production | <ul style="list-style-type: none"> • Smart warehouse • automated replenishment | improved sales and operations planning, point of sale information, quick changeovers and pull system to reduce inventory and the need for warehousing |
| Inventory | | |
| waiting | <ul style="list-style-type: none"> • predictive maintenance • production steering | increased operator engagement and immersive training to improve behaviours responsible for low productivity and major equipment stoppages |

| | | |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Transport | <ul style="list-style-type: none"> • digital plant logistics • smarter automated the shop floor processes • assistant systems | modelling and simulation to optimise the design of factories and products. |
| motion | | |
| overprocessing | <ul style="list-style-type: none"> • sensors on control systems | modelling and simulation to enhance understanding of basic processes, thereby reducing need for control |
| Defects | <ul style="list-style-type: none"> • data driven quality control • intelligent mechanics (for example vision systems) to detect and sort defects | Mistake-proofing process, is training and motivation to reduce error-prone behaviours, modelling and simulation to improve product and process robustness. |

5.1.3 Overprocessing

Quando le aziende aggiungono passaggi di elaborazione non necessari per i quali i clienti non sono disposti a pagare, il risultato è un trattamento eccessivo. Ad esempio, se i parametri di processo escono dai limiti, le aziende possono implementare sensori e sistemi di controllo che portano il processo attraverso passaggi aggiuntivi al fine di riadattare i parametri a livelli normali. Inoltre, possono utilizzare un serbatoio o un deposito tampone per trattenere temporaneamente i prodotti difettosi prima di rilavorarli o riprocessarli. Ma le aziende spesso intraprendono questi passaggi senza capire in primo luogo cosa abbia causato il superamento dei limiti di processo. Per acquisire informazioni che rendano possibili azioni correttive, le aziende devono comprendere la scienza di base alla base di ogni processo. Sfruttando i big data per modellare e simulare i processi (idealmente durante la fase di progettazione), possono identificare modi per aumentare la robustezza dei loro processi evitando processi non necessari,

riducendo così la necessità di sensori e sistemi di controllo, nonché di serbatoi e stoccaggio tampone.

5.1.4 L'attesa

I fermi delle apparecchiature e i tempi di inattività sono le principali cause di bassa produttività. Spesso derivano da problemi comportamentali che i produttori possono affrontare rafforzando la gestione in prima linea.

5.1.5 Difetti

Molte aziende utilizzano tecnologie intelligenti avanzate come i sistemi di visione per identificare e smistare prodotti o lotti difettosi. Spesso queste tecnologie sono una soluzione necessaria a breve termine, ma le aziende dovrebbero anche utilizzare la tecnologia per identificare le cause profonde dei difetti in modo da poterli ridurre o eliminare. Big data e analytics consentono alle aziende di raccogliere dati da nuove fonti (come i clienti) per comprendere meglio dove e perché si verificano i difetti e quali possono essere le loro cause principali. Poiché molti difetti hanno origini comportamentali, le aziende possono ridurre il tasso di difetti migliorando la motivazione o la capacità degli operatori al fine di esortarli ad avere prestazioni ad alto livello. Anche soluzioni a basso costo o a bassa tecnologia, come apparecchiature anti-errore (mistake-proofing) con semplici arresti meccanici o indicatori visivi, possono essere molto efficaci.

5.2 Ignorare le cause comportamentali alla radice

Le aziende troppo spesso ignorano i problemi comportamentali che possono essere alla base dei problemi che stanno cercando di risolvere.

Si consideri l'esempio di un'azienda di alimenti e bevande le cui linee di riempimento e confezionamento si sono spesso interrotte. Il lavoro sporadico interrompe la pianificazione interrotta, rovina i programmi e spreca materiale. Ai leader dell'azienda piace l'idea di utilizzare le innovazioni dell'Industria 4.0 per prevenire i guasti attraverso la manutenzione predittiva, grazie all'uso di sensori avanzati che possono rilevare vibrazioni, usura delle apparecchiature, livelli di rumore e altri parametri che indicano guasti imminenti, consentendo agli algoritmi di intelligenza artificiale di prevedere un guasto con diverse ore o giorni di anticipo. Un impianto potrebbe utilizzare queste previsioni per programmare riparazioni tecniche relativamente economiche ed evitare guasti imprevisti.

Ma la manutenzione predittiva è appunto sempre manutenzione: non affronta le cause comportamentali delle condizioni responsabili dei guasti. Ad esempio, ogni poche ore nello stabilimento dell'azienda alimentare e delle bevande, gli operatori devono pulire, ispezionare e lubrificare le linee di riempimento e confezionamento e regolare i loro parametri alle impostazioni corrette (una procedura nota come centerlining). Poiché questi compiti richiedono una grande quantità di disciplina e rigore, i dipendenti devono essere motivati e impegnati a svolgerli correttamente. Se i dipendenti non seguono le routine di manutenzione obbligatorie, l'apparecchiatura richiederà più interventi di quanto dovrebbe e alla fine si guasterà.

Analizzando i guasti delle apparecchiature dell'azienda di alimenti e bevande, scopriamo che la causa principale era in alcuni casi la mancanza di standard operativi adeguati e in altri il mancato rispetto degli standard esistenti che erano adeguati. Queste cause riflettevano comportamenti di leadership problematici: i leader di produzione non aveva addestrato, motivato e supervisionato gli operatori a seguire gli standard necessari. (Vedi Tabella 4.2).

Ma i comportamenti di leadership deleteri sono correggibili. Ad esempio, ipotizziamo che il supervisore di una delle linee di produzione di punta dell'azienda trascorre più del 90% del suo tempo in un ufficio lontano dall'officina, inconsapevole e apparentemente indifferente che gli operatori non rispettano gli standard di pulizia quotidiana e prendiamo al contrario, un supervisore di una linea simile che ha trascorso la maggior parte del suo tempo sulla linea, aiutando e motivando il suo team a lavorare secondo gli standard quotidiani. Vedremo che nel secondo caso il numero di guasti sarà nettamente inferiore.

Capiamo bene come i problemi comportamentali sulla linea di produzione si verificano in genere perché operatori e manager non hanno un senso di appartenenza. Quello che gli psicologi sociali chiamano “effetto della dotazione” fa sì che le persone attribuiscono maggior valore alle cose che possiedono. Nel contesto della produzione, gli operatori e i manager che sentono di possedere le proprie linee tendono a gestirle meglio. Le aziende possono favorire un senso di appartenenza migliorando la leadership e motivando gli operatori. La manutenzione predittiva può ancora essere preziosa per prevenire i guasti, ma una maggiore proprietà ridurrà la necessità di intervento.

Le aziende che hanno stabilito ruoli separati per operatori e tecnici di manutenzione dovrebbero prestare particolare attenzione a questo problema. Un buon modo per valutare la vulnerabilità di una azienda consiste nel considerare se gli operatori riparano i guasti da soli o chiamano un

tecnico. Gli operatori che si affidano a tecnici per le riparazioni tendono a non possedere la linea, aumentando la probabilità che la causa principale di molti guasti sia comportamentale.

Problemi comportamentali simili sorgono per quanto riguarda la proprietà dei dati. Prendiamo l'esempio di un'azienda mineraria che vuole applicare la sua raccolta di dati sulle prestazioni di produzione, al monitoraggio in tempo reale introducendo così schede elettroniche delle prestazioni per sostituire le schede aggiornate manualmente che venivano utilizzate nelle riunioni quotidiane per documentare le prestazioni. Le schede elettroniche eliminerebbero la necessità per i leader di linea e di turno di raccogliere personalmente i dati sulle prestazioni, apportare le correzioni necessarie e scrivere a mano le metriche delle prestazioni. Tuttavia, queste attività manuali possono essere cruciali per trasmettere un senso di proprietà dei dati. In effetti, diversi ricercatori hanno dimostrato che l'elaborazione che si verifica quando una persona scrive le informazioni a mano può migliorarne l'apprendimento.

Quindi, quando un'azienda automatizza la raccolta dei dati, i leader possono perdere la loro connessione personale e sentire un minor senso di proprietà dei dati. Di conseguenza, è meno probabile che analizzino i dati ogni giorno per errori e omissioni e utilizzino ciò che scoprono per migliorare le prestazioni della linea.

Tabella 4.2: Many process problems have behavioral root cause

| PROBLEM | WHY | WHY | ROOT CASE | UNDERLYING BEHAVIOR |
|----------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| The guide bar at the | The guide bar is out of sync with can flow | The chain driving guide bar is worn or unclean | There is no standard for frequent cleaning, lubrication and adjustment of the chain | Leaders didn't identify the need for a standard, due to lack of capability or motivation. |

| | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| tray packer entry knocks over and crushes cans, leading to a major breakdown | | operators selected the wrong program for bar movements | Operators didn't follow the correct standard | Operators lack appropriate motivation, training or supervision to follow the standard |
| | the conveyor chain is vibrating causing cans to move too slowly | Parts (such as ball bearings) are worn or poorly lubricated | The existing standard for inspection or lubrication of key parts isn't adequate | Leaders didn't provide an adequate standard, due to lack of capability or motivation |
| | | Parts (such as transmission) are improperly tightened or fit too loosely | There is no standard (such as central visual control) for torque setpoint | Leaders didn't identify the need for a standard, due to lack of capability or motivation |

Le schede elettroniche delle prestazioni sono preziose per risparmiare tempo e risorse. Ma per massimizzare l'efficacia dei consigli di amministrazione, un'azienda deve garantire che i problemi comportamentali sottostanti non abbiano conseguenze indesiderate e controproducenti. Il prerequisito fondamentale è una cultura che incoraggi i leader ad assumersi la responsabilità e l'orgoglio delle prestazioni della loro linea.

5.3 Costi nascosti e soluzioni low-tech

Troppo spesso le aziende cedono alla follia dell'Industria 4.0 senza considerare i costi nascosti dell'implementazione e senza soppesare la possibilità che soluzioni a bassa tecnologia possano gestire alcuni processi in modo più semplice ed economico.

Il potere seduttivo delle soluzioni Industry 4.0 è in piena evidenza quando gli esperti di tecnologia di produzione si riuniscono per incontri tra pari: i relatori mostrano con orgoglio il

loro lavoro più recente con complesse soluzioni di modellazione 3D, i più recenti gadget high-tech, algoritmi di intelligenza artificiale, eccetera. Risulta spesso assente da queste discussioni, qualsiasi confronto del potenziale impatto delle soluzioni high-tech e dei requisiti di risorse con quelli delle alternative più semplici.

Per comprendere il problema dei costi nascosti, si consideri l'automazione dei processi: ha certamente rivoluzionato la produzione negli ultimi 50 anni, ma per giustificare gli investimenti nell'automazione, le aziende spesso valutano solo i risparmi sui costi diretti (come la riduzione del numero di dipendenti della linea di produzione) e riesaminano solo i costi fissi aggiunti dalle modifiche. Non considerando che invece, per automatizzare i processi in modo efficace, le aziende devono sostenere dei costi incrementali per impiegare tecnici e ingegneri per far funzionare e riparare le nuove tecnologie e devono stipulare accordi di servizio con i fornitori di apparecchiature. Senza contare che viene trascurato l'impatto dell'automazione sulla produttività, in quanto il rendimento spesso è inferiore alle aspettative perché le apparecchiature si guastano più frequentemente del previsto o perché l'automazione diminuisce la flessibilità. Ad esempio, le strutture metalliche rigide, come i sistemi di trasporto automatizzati, impongono vincoli alla struttura e alla velocità di una linea di produzione.

Sebbene il problema dei costi nascosti persista, i recenti progressi tecnologici rendono più facile per le aziende ridurre i costi fissi e migliorare la flessibilità. Ad esempio, l'uso di etichette GPS e RFID per interni consente layout flessibili di officine e linee di produzione, mentre i robot collaborativi intelligenti possono lavorare fianco a fianco con gli esseri umani e possono essere rapidamente riprogrammati per compiti diversi. Le tecnologie digitali spesso portano significativi vantaggi nascosti legati a miglioramenti in termini di qualità, tracciabilità e velocità. Questi vantaggi possono compensare i costi nascosti, ma spesso non lo fanno.

Un'altro pericolo nell'ambito di un'accurata valutazione dei costi, consiste nel non riuscire a quantificare il valore relativo alle soluzioni a bassa tecnologia, ad alcuni problemi di processo che molte aziende trascurano nella fretta di adottare la più recente tecnologia digitale. Anche se la larghezza di banda, l'infrastruttura Cloud e la potenza di elaborazione sono diventate notevolmente meno costose negli ultimi anni, molte soluzioni a bassa tecnologia rimangono più convenienti rispetto alle alternative digitali. Per investire in modo saggio, le aziende devono confrontare il potenziale impatto e il fabbisogno di risorse delle soluzioni high-tech con quelli di alternative più semplici.

Per migliorare la loro visione dei costi e dei risparmi, le aziende dovrebbero sviluppare un business case per ogni investimento nell'Industria 4.0 considerato. La valutazione dovrebbe prendere in considerazione tutti i costi diretti e i risparmi, i miglioramenti attesi nell'efficienza di produzione, i costi indiretti aggiuntivi (come il servizio e il supporto tecnico) e gli effetti sulla flessibilità e sulla qualità. Le aziende dovrebbero confrontare questo business case con soluzioni alternative a bassa tecnologia (e a basso costo).

Sebbene una soluzione a bassa tecnologia sia più economica, un'azienda potrebbe preferire investire in una soluzione Industria 4.0 per promuovere l'apprendimento, ma avendo sempre piena conoscenza dei veri costi e benefici della decisione. L'industria 4.0 dovrebbe svolgere un ruolo importante in qualsiasi programma di eccellenza operativa oggi. In effetti, molte di queste potenti tecnologie sono essenziali per migliorare l'efficienza e l'efficacia dei processi di produzione, per creare capacità, per aumentare il coinvolgimento dei dipendenti e per ridurre al minimo i rischi. Evitando i pericoli trattati in precedenza, le aziende saranno pronte a investire nelle applicazioni più preziose dell'Industria 4.0 e realizzare così la promessa della rivoluzione manifatturiera odierna.

5.4 “Salmon Run”

Per aiutare le aziende nell'arduo compito di evitare i rischi dell'industria 4.0 è stata creata una check-list chiamata “Salmon Run”, in quanto allude al modo in cui il salmone evita gli ostacoli che incontra nel suo viaggio controcorrente per deporre le uova. La struttura della corsa del salmone è particolarmente utile per l'assegnazione di soluzioni che hanno il tentativo di correggere gli steps che non creano valore e che quindi vengono definite come Lean waste. Le tecnologie dell'industria 4.0 sono disegnate per creare valore in differenti modi, per esempio l'additive manufacturing non crea valore secondo la salmon run.



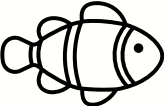


La salmon run checklist si identifica in 4 ostacoli o meglio 4 domande a cui l'azienda deve sottoporsi prima di investire in tecnologie digitali per i propri processi, particolarmente utile per valutare le soluzioni che tentano di agire su step senza valore aggiunto:

1. stiamo lavorando sui più grandi problemi della nostra azienda?
2. abbiamo eliminato o minimizzato tutti i tipi di spreco?
3. abbiamo considerato e indirizzato tutte le cause comportamentali alla radice?

4. abbiamo considerato i costi più nascosti delle tecnologie e soluzioni alternative a bassa tecnologia?

Alla fine avviene la digitalizzazione.

THE SALMON RUN CHECKLIST HELPS TO AVOID INDUSTRY 4.0

| OBSTACLE 1 | OBSTACLE 2 | OBSTACLE 3 | OBSTACLE 4 | DIGITIZE! |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Are we working on our company's biggest problems?</p> |  <p>Have we eliminated or minimized all types of lean waste?</p> |  <p>Have we considered and addressed all behavioral root causes?</p> |  <p>Have we considered hidden costs of technology and alternative low-tech solutions?</p> |  <p>DIGITIZE!</p> |

BIBLIOGRAFIA

A Palomino-Valles et al 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 796 012008

Titolo: TPM Maintenance Management Model Focused on Reliability that Enables the Increase of the Availability of Heavy Equipment in the Construction Sector.

Saumyaranj Sahoo: Jaipuria Institute of Management, Bambala Institutional Area, Jaipur - 302033, India

Sudhir Yadav: School of Petroleum Management, Pandit Deendayal Petroleum University, Raisan, Gandhinagar - 382007, India

Titolo: Influences of TPM and TQM Practices on Performance of Engineering Product and Component Manufacturer

(17th Global Conference on Sustainable Manufacturing)

Nagaraj H. Kamath: Department of PME, MIT, Manipal, Karnataka, India 2016

Lewlyn L.R. Rodrigues: Department of the H&M, MIT, Manipal, , Karnataka, India 2016

Titolo: Simultaneous consideration of the TQM and TPM influence on production performance: A case study on multicolor offset machine using SD Model.

A.J. Thomas: Manufacturing Engineering Centre, Cardiff University, CF24 3AA, UK

G.R. Jones: Wall Colmonoy, Pontardawe, Swansea, SA1 3DE

P. Vidales: Ecole d'ingenieur CESI, France

Titolo: An Integrated Approach to TPM and Six Sigma Development in the Castings Industry.

(Intelligent Production Machines and Systems D.T. Pham, E.E. Eldukhri and A.J. Soroka (eds)

9 2006 Cardiff University, Manufacturing Engineering Centre, Cardiff, UK. Published by

Elsevier Ltd. All rights reserved.) I.M. Ribeiro(a), R. Godina(b), C. Pimentel(a,b,c), F. J. G.

Silva(d), J. C. O. Matiasa(a,c)

a) DEGEIT, University of Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

b) UNIDEMI - Faculty of Science and Technology (FCT), Universidade NOVA de Lisboa, 2829-516, Caparica, Portugal

c) GOVCOPP, DEGEIT, University of Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

d) ISEP – School of Engineering, Polytechnic of Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto, Portugal

Titolo: Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line.

(29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2019), June 24-28, 2019, Limerick, Ireland)

M. Suryaprakash, M. Gomathi Prabha, M. Yuvaraja, R.V. Rishi Revanth et al., Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using tpm, Materials Today: Department of Mechanical Engineering, PSG College of Technology, Coimbatore 641004, India

Titolo: Improvement of overall equipment effectiveness of machining centre using TPM.

P. Ribeiro(a), J. C. Sá(a,b), L. P. Ferreira(a), F. J. G. Silva(a), M. T. Pereira(a), G. Santos(c)

- a) ISEP – School of Engineering, Polytechnic of Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, Porto 4200-072, Portugal
- b) IPVC – School of Business Sciences, Polytechnic Institute of Viana do Castelo, Av. Pinto da Mota, Valença 4930-600, Portugal
- c) IPCA – School of Design, Polytechnic Institute of Cavado and Ave, Vila Frescaíinha S. Martinho, Barcelos 4750-810, Portugal

Titolo: The Impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: a case study.

(29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2019), June 24-28, 2019, Limerick, Ireland.)

JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance. Appliciamo il TPM - Guida operativa alla realizzazione del Total Productive Maintenance. Milano, Franco Angeli, 1995.

JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance. Manutenzione autonoma con il TPM. Milano, Franco Angeli, 1995.

T. Suzuki – TPM in Process Industries. Portland, Oregon, Productivity Press, 1996.

Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. N., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi*, 78(6-13), 137-143.

Bayram B., Ince G. (2018) *Advances in Robotics in the Era of Industry 4.0*. In: *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*. Springer Series in Advanced Manufacturing. Springer, Cham

Boschi F., De Carolis A., Taisch M., (2017) *Nel cuore dell'Industry 4.0: I Cyber- Physical System*, da <https://www.industriaitaliana.it/nel-cuore-dell-industry-4-0-i-cyber-physical-systems/>

Brauner, P., & Ziefle, M. (2015). *Human Factors in Production Systems*. Advances in Production Technology, Springer International Publishing, 187-199.

Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, 8(1), 37-44.

Bhuiyan N., Baghel A., (2005) An overview of continuous improvement: from the past to the present, *Management Decision*, Vol. 43 (5), pp. 761-771

Brett P. Conner, Guha P. Manogharan, Ashley N. Martof, Lauren M. Rodomsky, Caitlyn M. Rodomsky, Dakesha C. Jordan, James W. Limperos, (2014). Making sense of 3-D printing: Creating a map of additive manufacturing products and services. *Additive Manufacturing*, Volumes 1–4, October 2014, Pages 64-76

Brown K. A., Mitchell T. R., (1991) A comparison of just-in-time and batch manufacturing: the role of performance obstacles, *Academy of Management Journal*, Vol. 34 (4), pp. 906-917

Bruneo, Fritz, Keidar-Barner, Leitner, Longo, Marquezan, Metzger, Pohl, Puliafito, Raz, ASalant, Segall, Villari, Wolfsthal, Woods, (2014). *CloudWave: Where adaptive cloud management meets DevOps*. Proceedings - International Symposium on Computers and Communications.

Buhr D., Stehnen T. (2018), *Industry 4.0 and european innovation policy*, da <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/14455.pdf>

Cannata, A., Gerosa, M., & Taisch, M. (2008). SOCRADES: A framework for developing intelligent systems in manufacturing. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM 2008) Singapore. 1904- 1908.

Chui, M., Manyika, J., Bughin, J., Brad, B., Roberts, R., Danielson, J., & Gupta, S. (2013, maggio). Ten IT-enabled business trends for the decade ahead. Retrieved Giugno 10, 2017, da <http://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/ten-it-enabled-business-trends-for-the-decade-ahead>

Favero Marco, Produzione sottrattiva vs stampa 3D: quando il meno è di più, www.stampa-3d.com, 2/1/2013

Fischer, K., Müller, J.R.P., & Pischel, M. (1996). Cooperative transportation scheduling: an application domain for DAI. *Applied Artificial Intelligence*, 10(1), 1-34

Ganiyusufoglu, Ö.S. (2013). Chinese Approach to Sustainable Manufacturing. Proceedings of the 11th Global Conference on Sustainable Manufacturing-Innovative Solutions. TU Berlin, Germany. 23-25.

Gåsvaer D., von Axelson J., (2012) Kaikaku – Radical Improvement in Production, *International Journal of Industrial and Manufacturing*, Vol. 6 (9), pp. 1914-1921

Gonzalez C. (2015). What are Human Machine Interface and Why are they becoming more important?, www.machinedesign.com,

Gorecky, D., Schmitt, M., Loskyll, M., & Zühlke, D. (2014). Human-machine- interaction in the industry 4.0 era. 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN), (pp. 289-294)

Grewal C., (2008) An initiative to implement lean manufacturing using value stream mapping in a small company, *Journal of Manufacturing Technology and Management*, Vol. 15, pp. 404-417

Gupta S., Iyengar C., (2014) The tip of the (Inventory) Iceberg, *Supply Chain Management Review*, Vol. 18 (6), pp. 28-35

Haddara, M., & Elragal, A. (2015). The Readiness of ERP Systems for the Factory of the Future. *Procedia Computer Science*, 64, 721-728.

Hermann M., Pentek T., Otto B., (2016) Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A literature Review, Technische Universität Dortmund, from the 49th Hawaii International Conference (2016, January 5th-8th)

Hofmann, E., & Rüscher, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23-34

Howell V. W., (2013) Value stream mapping, *Ceramic Industry*, Vol. 163 (8), pp. 24-26

Hüttmeir A., de Treville S., van Ackere A., Prenninger J., (2009) Trading off between heijunka and just-in-sequence, *International Journal of Production Economics*, Vol. 118 (2), pp. 501–507

Iozzia G., (2016) Industria 4.0, la sfida è cominciata. Cosa significa e come non perdere l'opportunità, www.quifinanza.it

Cohen, Y., Faccio, M., Galizia, F.G., Mora, C., Pilati, F. (2017), “Assembly system configuration through Industry 4.0 principles: the expected change in the actual paradigms”, *IFAC PapersOnLine*, Vol. 50 No. 1, pp. 14958-14962.

Collins, G., Krumkachev, P., Aspin, G., Metzger, M., Radeztsky, S., Srinivasan, S. (2017), “Everything-as-a-service: Modernizing the core through a services lens” in *Tech Trends 2017*, available at: <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/tech-trends/2017/everything-as-a-service.html> (accessed 5 December 2018).

Cotteleer, M., Mahto, M., Murphy, T. (2018), “The strategy paradox. A defensive position on digital transformation”, available at: <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/challenges-on-path-to-digital-transformation/strategy-paradox.html> (accessed 10 January 2019).

Cutler, T.R. (2018), “ETO Manufacturers Can Finally Offer Online Shopping via bCommerce”, available at: <https://www.manufacturingtomorrow.com/article/2018/10/eto-manufacturers-can-finally-offer-online-shopping-via-bcommerce/12374> (accessed 17 January 2019).

Dachema (2018), “Modularization Paves the Way to “Process Industry 4.0””, available at: <https://www.chemanager-online.com/en/topics/production/modularization-paves-way-process-industry-40> (accessed 5 December 2018).

Dalenogare, L.S., Benitez, G.B., Ayala, N.F., Frank, A.G. (2018), “The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 204, pp. 385-386.

Dallasega, P., Rojas, R.A., Rauch, E., Matt, D.T. (2017), Simulation based Validation of Supply Chain Effects through ICT enabled Real-Time-Capability in ETO Production Planning, *Procedia Manufacturing*, Vol 11, pp. 847-848.

Deloitte and Forbes Insight (2017), “The Fourth Industrial Revolution is here – are you ready?”, available at: <https://www2.deloitte.com/nl/nl/pages/consumer-industrial-products/articles/industry-4-0-readiness-report-2018.html> (accessed 10 January 2019).

Destri, F. (2018), “IA e Data Scientist: i lavori del futuro stentano a decollare in Italia”, available at: <https://www.cwi.it/tecnologie-emergenti/intelligenza-artificiale/ia-data-scientist-italia-116200> (accessed 18 January 2019).

Ding, B. (2018), “Pharma Industry 4.0: Literature review and research opportunities in sustainable pharmaceutical supply chains”, *Process Safety and Environmental Protection*, Vol.119, pp. 119-120, 127.

Siti web:

<https://www.logisticaefficiente.it/wiki-logistica/supply-chain/just-in-time.html>

<https://www.headvisor.it/le-4-fasi-kaizen-del-miglioramento-continuo>

<https://www.headvisor.it/value-stream-mapping-vsm>

<https://www.mainsim.com/academy/manutenzione-programmata/>

<https://www.industry4business.it/industria-4-0/migliorare-lefficienza-produttiva-tramite-i-metodi-lean-e-kaizen/>

<https://www.linkedin.com/pulse/industria-4-0-e-indicatori-di-performance-il-valore-delloee-franchi>

https://image-src.bcg.com/Images/BCG-Avoiding-the-Hidden-Hazards-of-Industry-Jan-2018_tcm21-180290.pdf

[https://it.wikipedia.org/wiki/Computerized_Maintenance_Management_System#:~:text=CMM,S%20\(sigla%20dell'espressione%20inglese,spesso%20integrata%20con%20l'Enterprise](https://it.wikipedia.org/wiki/Computerized_Maintenance_Management_System#:~:text=CMM,S%20(sigla%20dell'espressione%20inglese,spesso%20integrata%20con%20l'Enterprise)

<https://www.industry4business.it/industria-4-0/lean-manufacturing-in-cosa-consiste-come-puo-cambiare-il-destino-delle-aziende/>

https://it.wikipedia.org/wiki/Enterprise_resource_planning

<https://www.organizzazioneaziendale.net/oee-overall-equipment-effectiveness>

[https://www.organizzazioneaziendale.net/oee-significato-definizione-calcolo/2671#:~:text=L'OEE%20\(Overall%20Equipment%20Effectiveness,Vediamoli%20in%20questo%20articolo.](https://www.organizzazioneaziendale.net/oee-significato-definizione-calcolo/2671#:~:text=L'OEE%20(Overall%20Equipment%20Effectiveness,Vediamoli%20in%20questo%20articolo.)

<https://www.mainsim.com/academy/tpm/>

<https://iottoday.eu/news/industry/44907/smart-lifecycle-il-ciclo-produttivo-nellindustria-4-0.html>

<https://mynext.it/2018/09/integrazione-verticale-e-orizzontale-dei-sistemi-cosa-significa/>

<https://www.kaspersky.it/resource-center/definitions/what-is-cyber-security>

<https://www.easylean.it/328/POLITECNICO-DI-MILANO:-LEAN-MANUFACTURING,--TUTTI-I-PROGRESSI-POSSIBILI-GRAZIE-A-INDUSTRIA-4.0>

<https://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/industry-40-tutto-quello-che-c-e-da-sapere-su-piano-e-attuazione/>

<https://www.giornaledellepmi.it/le-previsioni-sullimpatto-del-covid-19-sulle-aziende-e-la-resilienza-dei-diversi-settori-in-italia/>

RINGRAZIAMENTI

Vorrei ricordare a tutti che non è un voto a determinare ciò che siamo. La media del 24 è perfettamente a metà, l'esatta mediocrità. Non devo stare a giustificare un voto a nessuno ma forse dovrei ricordare a me stessa ciò di cui sono stata capace: iniziare con il piede sbagliato porta sempre delle conseguenze e questo è inevitabile ma possiamo decidere se cavalcare l'onda o farci trasportare dalla marea. Io ho optato per la prima scelta ma mi è costata tanti sacrifici e tante di quelle lacrime che l'avrei potuto riempire quel mare.

La cosa che non ti dicono quando inizi l'università e che le competizioni del liceo non finiscono, come tutti pensano, ma si insinuano in modo più marcato e subdolo. Si crea una sorta di piramide sociale invisibile dove chi è più in alto di te ti guarda con superiorità e pietà. Per una come me non era difficile trovare chi fosse più in alto. Ricordo ancora troppo bene gli sguardi di sufficienza delle persone, ma essere trattata come nulla spesso ai suoi vantaggi. In fondo non potevo cadere più in basso.

Ho continuato a studiare e così ho passato un esame e poi un altro ed un altro ancora; allora mi sono accorta che non ero così stupida come gli altri mi avevano portato a credere. ho trasformato gli occhi di superiorità degli altri in occhi di invidia e non posso che esserne fiera. Ad ogni "io non ce la faccio", ad ogni valigia riempita nei momenti bui, ad ogni "no", ad ogni bocciatura ed a ogni "questa non è la strada giusta per te" c'era Hedi che credeva in me più di quanto io credessi in me stessa. Ancora non so cosa abbia visto in me quando io vedevo lo zero.

Grazie alla mia famiglia che nonostante abbiano penato all'inizio del mio percorso, alla fine ci hanno creduto. Hanno sopportato e mi hanno supportata in tutte le difficoltà che questo percorso mi ha riservato, pazientando quando ero troppo stressata e rincuorata quando ero troppo in ansia. Spero di averli resi fieri.

Grazie alla mia nonnina che ha tifato per ogni mio successo ha smorzato il mio pessimismo. So quanto per lei questo giorno sia importante.

Ringrazio il mio relatore il professore M. Bevilacqua per la sua disponibilità, gentilezza e tempestività nelle risposte.

Infine, ringrazio anche me perché alla fine dei giochi più che agli altri ho dimostrato a me stessa di potercela fare.