

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

Ingegneria della Produzione Industriale e dell'Innovazione Tecnologica

Tesi di Laurea Magistrale

Applicazione del World Class Manufacturing e del pilastro EEM in FPT Industrial



Relatore

Prof. Maurizio Schenone

Candidato

Luca Mingrino

Luglio 2021

Ringraziamenti

Con la stesura di questo elaborato si conclude il lungo percorso di istruzione e formazione scolastica iniziato ben diciotto anni fa. Senza dubbio, questo non sarebbe stato possibile se la mia famiglia non mi avesse sostenuto, spronato e qualche volta anche obbligato ad andare avanti e a non demordere mai lungo la strada per raggiungere quell'obiettivo, inizialmente così lontano ma tutto ad un tratto vicinissimo, che sancisce il passaggio dal mondo "teorico" a quello "pratico" chiamato Laurea. Desidero quindi ringraziare mio padre Fabio che, nonostante non abbiamo mai potuto spendere molto tempo insieme a causa dei suoi continui movimenti lavorativi, è stato sempre presente nei momenti più importanti e ha sempre cercato di farsi trovare disponibile, qualsiasi problema si verificasse. Ringrazio anche mia sorella Silvia, la quale mi ha sempre consigliato ed aiutato a superare gli ostacoli che incontravo con quella grinta e forza di volontà da "Terminator" che solo lei possiede, facendomi capire che nella vita, qualsiasi cosa tu voglia, devi mettercela tutta per raggiungerla (oppure chiedi a lei e la raggiungi faticando un po' meno). L'ultimo membro della famiglia, per ordine ma non per importanza, che voglio ringraziare è mia madre Mara, il cui supporto non è mai mancato nemmeno per un secondo e la cui esperienza mi ha portato consiglio nelle decisioni più difficili, mi ha insegnato a comportarmi in qualunque situazione, ma soprattutto mi ha mostrato come affrontare la vita con quella tenacia e con quella scioltezza che da sempre la contraddistinguono.

Colgo, inoltre, l'occasione per ringraziare Katia, Tullio, Alessandro e Simone i quali sono e sono stati sia ottimi compagni di studio all'università, sia perfetti compagni di avventura, sia consiglieri provetti e con i quali spero di condividere ancora altre mille esperienze.

Un grazie ad Andrea e Edoardo, gli amici più datati che ho, con i quali ho riso e scherzato fin da quando li conosco e con i quali spero di passare altri momenti di gioia e felicità.

Ringrazio mio nonno, mia zia, i miei amici, e tutte le persone che mi sono state sempre vicine.

Infine, desidero ringraziare il Prof. Maurizio Schenone, relatore di questa tesi di laurea magistrale, per la disponibilità e la cortesia dimostratemi durante tutto il periodo di stesura.

Sommario

Introduzione	7
1 Il World Class Manufacturing	9
1.1 Storia e concetti generali.....	9
1.2 Le basi del WCM.....	10
1.2.1 Total Quality Management.....	12
1.2.2 Total Industrial Engineering.....	14
1.2.3 Total Productive Maintenance.....	15
1.2.4 Just In Time.....	16
2 Il WCM come Sistema di Produzione	18
2.1 La metodologia e gli standards.....	20
2.1.1 Profondità.....	21
2.1.2 Estensione.....	22
2.2 Gli strumenti principali.....	23
2.2.1 Le 4M (Machine – Material – Method – Man).....	24
2.2.2 Le 5 "S".....	25
2.2.3 5 "W" + 1 "H".....	26
2.2.4 I "5 perché".....	27
2.2.5 AM Tag - Autonomous Maintenance Tag.....	28
2.2.6 Classificazione ABC.....	29
2.2.7 FMEA - Failure Mode and Effects Analysis.....	30
2.2.8 Kanban.....	32
2.2.9 NVAA – Not Value-Added Activities.....	33
2.2.10 OPL - One Point Lesson.....	34
2.2.11 Poka Yoke.....	35
2.2.12 QA Matrix.....	36
2.2.13 QM Matrix.....	38
2.2.14 Six Sigma.....	39
2.2.15 SMED - Single Minute Exchange of Die.....	40
2.2.16 Value Stream Map.....	42
2.2.17 X Matrix.....	43
2.3 Il sistema di revisione e i KPI.....	44
3 I Pilastri del WCM	46
3.1 Sicurezza.....	46
3.1.1 Aspetti normativi.....	47
3.1.2 Aspetti economici.....	47
3.1.3 Aspetti etici.....	47

3.1.4	<i>L'approccio per l'azzeramento degli incidenti</i>	48
3.1.5	<i>Il processo di implementazione</i>	49
3.2	Cost Deployment	50
3.2.1	<i>Tipologie di perdite</i>	51
3.2.2	<i>Il processo di implementazione</i>	52
3.3	Focused Improvement	53
3.3.1	<i>Le tipologie di perdite</i>	54
3.3.2	<i>Il processo di implementazione</i>	56
3.4	Autonomous Activities	57
3.4.1	<i>Autonomous Maintenance</i>	57
3.4.2	<i>Workplace Organization</i>	59
3.5	Professional Maintenance	61
3.5.1	<i>Tipologie e strategie di manutenzione</i>	62
3.5.2	<i>Il processo di implementazione</i>	63
3.6	Quality Control	64
3.6.1	<i>Approcci e principi</i>	64
3.6.2	<i>Il processo di implementazione</i>	65
3.7	Logistica	66
3.7.1	<i>Principi, obiettivi</i>	67
3.7.2	<i>Il processo di implementazione</i>	68
3.8	Early Equipment Management	69
3.8.1	<i>Design Review System (DR)</i>	71
3.8.2	<i>MP Information Management</i>	75
3.8.3	<i>Il processo di implementazione</i>	77
3.9	People Development	83
3.9.1	<i>Le tipologie di formazione</i>	83
3.9.2	<i>Il processo di implementazione</i>	84
3.10	Environment	85
3.10.1	<i>Obiettivi</i>	86
3.10.2	<i>Il processo di implementazione</i>	87
4	FPT Industrial	88
4.1	L'impianto di San Mauro Torinese	89
4.1.1	<i>Torino Driveline</i>	91
4.1.2	<i>Torino Engine</i>	93
5	L'implementazione della linea di assemblaggio della trasmissione per una macchina elettrica	94
5.1	Step 0: Reason why of the project	94
5.1.1	<i>Panoramica di produzione</i>	95
5.1.2	<i>Panoramica dei costi e dei tempi</i>	96

5.2	Step 1: Main requirements	100
5.2.1	<i>Le funzionalità e i componenti</i>	100
5.2.2	<i>L'analisi di mercato e le tempistiche</i>	101
5.2.3	<i>Specifiche tecniche</i>	103
5.2.4	<i>Diagramma di flusso dell'assemblaggio</i>	106
5.2.5	<i>Analisi dei costi, dei tempi e dell'area di installazione</i>	106
5.3	Step 2: Basic Design and CD	108
5.3.1	<i>Proposta GEFIT</i>	109
5.3.2	<i>Proposta THYSSENKRUPP</i>	110
5.3.3	<i>Proposta MASMEC</i>	111
5.3.4	<i>Proposta AISI</i>	112
5.3.5	<i>Proposta COMAU</i>	113
5.3.6	<i>Proposta TEKNOALFA</i>	114
5.3.7	<i>Primo confronto sulle soluzioni tecniche</i>	115
5.3.8	<i>Seconda proposta GEFIT</i>	116
5.3.9	<i>Seconda proposta THYSSENKRUPP</i>	117
5.3.10	<i>Seconda proposta MASMEC</i>	118
5.3.11	<i>Secondo confronto sulle soluzioni tecniche</i>	118
5.4	Step 3: Detailed Design	120
5.5	Step 4: Manufacturing	129
5.6	Step 5, 6, 7: Work in progress	130
6	Conclusioni	131
	Bibliografia	133

Introduzione

La trattazione ha l'obiettivo principale di spiegare cosa si intende con il World Class Manufacturing e cosa significa avere questa "metodologia di azione" aziendale come guida e aiuto per massimizzare le performance aziendali. La realizzazione dell'elaborato è stata effettuata durante l'attività di tirocinio curricolare presso il gruppo CNH Industrial, in particolare in FPT Powertrain, impresa che mi ha permesso di affacciarmi alla realtà di una multinazionale su più fronti: sia come Manufacturing Support Engineer, sia come Responsabile di Magazzino.

In entrambe queste mansioni, ho potuto vedere come gli effetti del WCM impattino sia a livello direttivo, sia a livello di risorse umane e l'impegno che tutto il personale mette nell'applicare il più possibile i concetti definiti dal Prof. giapponese Hajime Yamashina.

All'interno del gruppo CNH il WCM è applicato indistintamente in tutti i plant, con lo scopo, in primo luogo, di mantenere il suo sistema produttivo ad alti standard di eccellenza, e in secondo luogo di mantenere gli enti organizzativi sempre impegnati ed in continua interazione. Ogni stabilimento CNH, da quando il WCM è stato implementato, punta ad ottenere il massimo rendimento in termini di efficienza ed efficacia.

Ulteriore obiettivo di questo lavoro è dimostrare come l'applicazione dei principali strumenti del pilastro tecnico Early Equipment Management possa portare a un più veloce sviluppo e all'eliminazione dei possibili errori che già sono stati commessi in precedenza, oltre che a godere di diversi benefici economici.

La tesi è strutturata nel seguente modo.

Il primo capitolo affronta la metodologia WCM spiegando la sua storia e i principi su cui si basa, ovvero: Total Quality Management, Total Industrial Engineering, Total Productive Maintenance e Just in Time. Il secondo capitolo, invece, ha lo scopo di spiegare più nel dettaglio cosa si intende con il termine World Class Manufacturing, qual è la metodologia a cui fa riferimento e gli strumenti usati. Per ognuno di questi, si è cercato di fornire almeno un esempio al fine di rendere il concetto il più chiaro possibile. Successivamente, sempre nel secondo capitolo, viene introdotto il sistema di revisione e i KPI più utilizzati.

Il terzo capitolo, assieme al quinto, rappresentano il cuore della tesi: uno ha come obiettivo esaminare nel dettaglio la struttura a tempio WCM in ogni suo pilastro, spiegando per ognuno di cosa si occupa e qual è il suo processo d'implementazione per massimizzare la produttività. Questa analisi si soffermerà sul pilastro Early Equipment Management poiché durante la maggior parte del periodo passato in azienda, durante l'esperienza da Manufacturing Support Engineer, ho avuto la possibilità di partecipare allo sviluppo di un progetto riguardante

l'implementazione di una linea di montaggio di un nuovo modello di trasmissione, pianificata per settembre.

Il pilastro EEM, infatti, è l'ente che si occupa dell'implementazione della nuova attrezzatura all'interno dell'impresa e, permette il monitoraggio continuo dell'iter progettuale.

Il quarto capitolo tratta la descrizione di FPT Powertrain e in particolare l'impianto di Torino Via Puglia in modo da contestualizzare il progetto che si andrà a descrivere.

1 Il World Class Manufacturing

1.1 Storia e concetti generali

Il termine World Class Manufacturing (WCM) fu coniato nel 1986 da R.Schonberger per indicare la sistematizzazione concettuale, attraverso i metodi di Just In Time e Total Quality Control, di tutte le testimonianze, i casi e le esperienze di aziende che intraprendevano la strada per il miglioramento continuo e che puntavano all'eccellenza nella produzione. I processi produttivi, infatti, stavano sempre più cambiando e oltre alla competizione solamente sul fronte dell'efficienza, iniziavano a considerare anche la flessibilità al fine di poter soddisfare il più possibile le necessità dei clienti.

Secondo il WCM, per migliorare le performance aziendali è necessario seguire una serie ben definita di azioni che hanno come obiettivo la rimozione di tutti quegli ostacoli che riducono la produzione e la semplificazione di ogni attività all'interno dello stabilimento. Per rendere possibile tutto ciò è fondamentale la completa partecipazione dei lavoratori ed è necessario un cambiamento radicale dei contenuti e delle modalità di esercizio.

Negli anni seguenti questa metodologia venne ripresa e perfezionata da molti studiosi, tra cui il Professore giapponese Hajime Yamashina, il quale riuscì a fare del WCM un vero e proprio modello di Eccellenza Operativa attraverso la teorizzazione in dieci pilastri del concetto. Nei primi anni 2000 infatti, FIAT Auto decise di elevare i propri standard a livello di World Class e, insieme ai maggiori esperti europei e giapponesi tra cui il Professor Yamashina, mise a punto un Sistema di Produzione che abbraccia ancora oggi l'intera organizzazione della fabbrica, coinvolgendo il sistema qualità, il sistema di manutenzione, la gestione dei costi e la logistica con una prospettiva evolutiva. Questo sistema si basa sull'aggressione sistematica di tutti i tipi di sprechi e perdite, applicando metodi e norme con rigore e coinvolgendo tutti. L'obiettivo era quello di stabilirsi come produttore di livello mondiale dove:

- la *sicurezza* è un valore essenziale
- le *richieste del cliente* vengono ascoltate sin dall'officina
- vengono seguiti degli *standard*
- nessuna forma di *spreco* è accettata
- i *metodi* sono applicati con *rigore e tenacia*
- tutti i *difetti sono resi visibili*
- il *coinvolgimento delle persone* è il motore del cambiamento.

Questo Sistema di Produzione è ormai alla base del gruppo FCA ed è basato sugli sforzi di tutte le persone che lavorano in questo gruppo e che collaborano insieme per raggiungere l'obiettivo di renderlo reale e assicurano che tutti i principi alla base del WCM rimangano parte del modo di lavorare del gruppo FCA (FIAT Group Automobili, 2007).

La definizione e l'introduzione del Fiat Auto Production System (FAPS) è stato un importante programma di innovazione mirato a modificare profondamente il modo di produrre al fine di raggiungere gli standard di eccellenza definiti nel World Class Manufacturing (WCM). Grazie a questo sistema strutturato che definisce metodi e strumenti si è stati in grado di promuovere miglioramenti duraturi e sistematici al fine di ridurre non solo gli sprechi ma anche le relative fonti.

Il WCM prende spunto senza dubbio dal sistema di un altro produttore che ha avuto un notevole successo nel settore automobilistico, il sistema Toyota, creato da Taiichi Ohno, che ha promosso un aumento di sette volte della produttività dell'azienda giapponese negli ultimi 50 anni. Il Professor Yamashina ha lavorato all'identificazione delle modalità più efficaci di adozione dei sistemi Lean, applicando un approccio strutturato e sistematico per superare la pratica dei miglioramenti isolati e spesso difficilmente ripetibili.

Lo sviluppo del World Class Manufacturing è iniziato in Fiat Auto Manufacturing e successivamente è stata estesa alle altre società del gruppo: CNH, FPT e IVECO. L'applicazione efficace degli strumenti e dei metodi è sostenuta da:

- il coinvolgimento delle persone: tutti devono credere fermamente nell'intero programma
- l'investimento nelle loro competenze, come leva fondamentale per il successo del quadro generale.

Come indicato dal Prof. Yamashina, il cambiamento culturale che ne deriva aiuta le persone a vedere le cose da un punto di vista diverso e a pensare come uomini d'azione e ad agire come uomini di pensiero (Yamashina, 2015).

1.2 Le basi del WCM

Il WCM ha come obiettivo migliorare le performance del Sistema Operativo aziendale fino a un livello di eccellenza in grado di raggiungere la competitività a livello globale. Un obiettivo che può essere raggiunto solo attraverso un ampio sviluppo delle persone e un'organizzazione capace di:

- attaccare tutti i tipi di sprechi e perdite

- coinvolgere tutti coloro che operano a tutti i livelli dell'organizzazione
- applicare rigorosamente metodi e strumenti
- implementare e standardizzare i risultati raggiunti

Il Manufacturing diventa così un formidabile vantaggio competitivo per l'Azienda, fornendo un contributo importante e duraturo al miglioramento della *Customer Satisfaction*. Al Manufacturing, quindi, viene dato un ruolo decisivo che consiste nel massimizzare le performance dell'Azienda nelle sue priorità competitive quali: qualità, prezzo, velocità di consegna, flessibilità e innovazione. Il livello di performance da raggiungere cambierà in base all'evoluzione del mercato e dei concorrenti e dovrà essere ridefinito periodicamente con il contributo di tutti coloro che operano sui processi e con il coinvolgimento determinante dei fornitori di attrezzature e materiali.

Il Manufacturing, inoltre, rappresenta il livello di eccellenza dell'intero ciclo logistico-produttivo misurato secondo i metodi applicati e le performance raggiunte dalle aziende best-in-class di tutto il mondo. L'esperienza acquisita da queste aziende ha portato alla definizione del World Class Manufacturing (WCM), fondato sui concetti di Total Quality Control (TQC), Total Productive Maintenance (TPM), Total Industrial Engineering (TIE) e Just In Time (JIT), come si può osservare in Figura 1. Il livello raggiunto da ogni azienda è certificato da esperti esterni e viene raggiunto attraverso il miglioramento continuo delle prestazioni e il coinvolgimento costante di tutti i livelli dell'azienda.

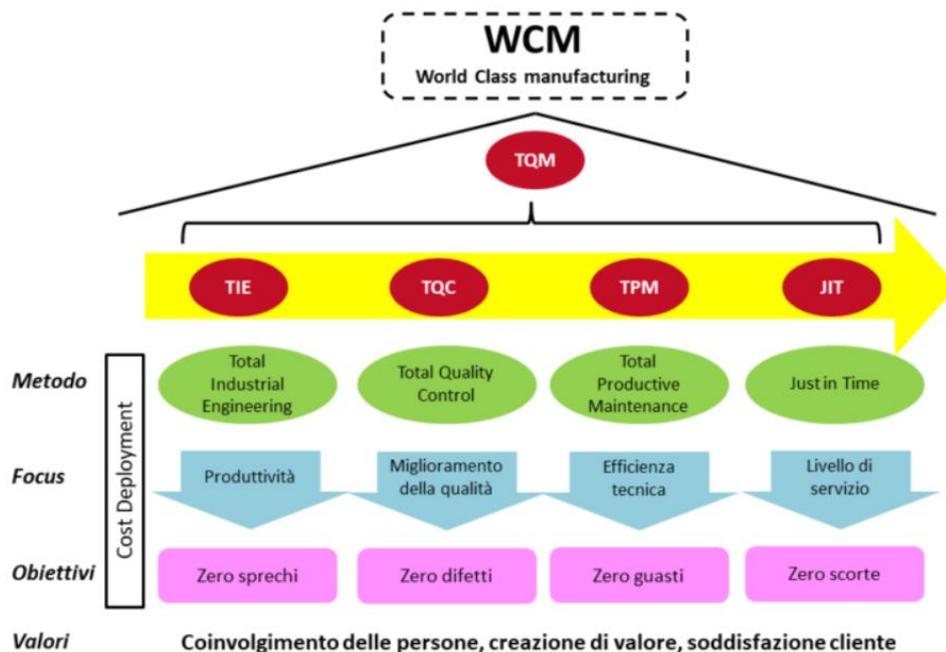


Figura 1: I concetti alla base del WCM

Al fine di implementare al meglio questa metodologia, bisogna tenere presente una serie di considerazioni:

- è introdotta e diffusa dall'alto verso il basso con l'impegno costante della direzione
- si basa sul contributo costante e diffuso di tutti coloro che lavorano in azienda (e non è guidata da consulenze)
- è un modo di lavorare (e non un progetto)
- si rafforza e si sviluppa con il coinvolgimento di tutti gli interessati
- richiede metodi, strumenti, standard e la loro rigorosa applicazione
- si traduce nella creazione di un sistema visibile e trasparente
- è efficace perché mira a "mantenerlo semplice".

Il testo andrà ora ad analizzare molto brevemente ciascuna di queste metodologie Lean utilizzate per la prima volta all'interno del Sistema di Produzione di Toyota, dalle quali il WCM ha preso fortemente ispirazione e dalle quali derivano alcuni strumenti fondamentali usati in ambito aziendale per identificare e risolvere i problemi che possono presentarsi.

1.2.1 Total Quality Management

Il Total Quality Management (TQM), o Total Quality Control, si basa sull'applicazione all'interno dell'organizzazione di un "modello", ovvero di alcune norme e regole che l'organizzazione adotta per diventare "di Qualità". Questa metodologia è una filosofia manageriale, ovvero è da considerarsi soprattutto per i principi e le indicazioni fornite su come sviluppare un'organizzazione capace di migliorarsi e ottenere risultati sempre crescenti.

Il nome deriva dal fatto che la qualità deve essere *totale* in quanto deve essere insita in tutte le persone operanti nell'impresa. Questa qualità deve essere sviluppata e mantenuta nel tempo, partendo dall'ottenimento di livelli minimi che vanno via via aumentati nel tempo. Per essere applicato, il TQM ha bisogno di una leadership coinvolta che creda nella sua efficacia e che sia disposta ad investire nelle Risorse Umane e ad applicarne costantemente i principi. Questi possono essere individuati costantemente in quattro concetti principali:

- miglioramento continuo
- sistema integrato
- coinvolgimento dei dipendenti
- focus sui clienti

A fronte dei costi per l'investimento in questo processo, l'implementazione della qualità permette di accedere a determinati benefici come il canalizzare tutte le proprie forze verso

l'obiettivo comune, l'analisi con spirito critico, lo sviluppo di processi comunicativi, l'aumento della produttività ed una notevole flessibilità.

I principali strumenti del TQM possono essere divisi in:

- strumenti statistici: come i fogli di raccolta, gli istogrammi, i diagrammi di Pareto, l'analisi per stratificazione, l'analisi di correlazione e le carte di controllo, Sei Sigma
- strumenti metodologici: come il controllo statistico di produzione, il PDCA (plan, do, check, act) e il CEDAC
- strumenti progettuali: come il DFM (design for manufacturing) e il DFA (design for assembly), QFD (Quality Function Deployment)
- strumenti organizzativi: come i circoli di qualità

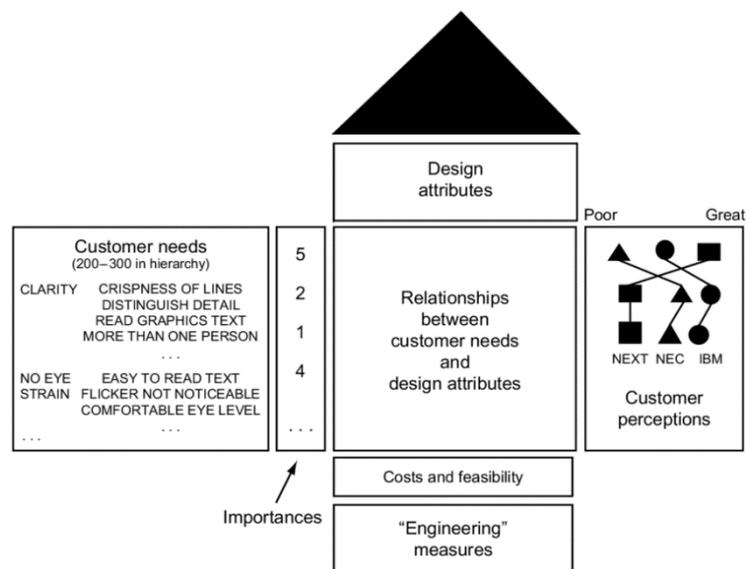


Figura 2: Schema di una House of Quality

1.2.1.1 QFD

Il Quality Function Deployment ha la funzione di garantire che la progettazione soddisfi le aspettative del cliente. Per raggiungere questo obiettivo è necessaria la collaborazione di tutto il personale dell'azienda e un drastico cambiamento nel modo di procedere. Il punto centrale dello strumento è la "casa della qualità" ovvero la rappresentazione delle relazioni esistenti fra diversi tipi di informazione. Attraverso 4 "case di qualità" si passa dalla "voce del cliente" alla definizione delle attività del processo produttivo.

1.2.1.2 Ciclo di Deming (PDCA)

Il ciclo di Deming, o ciclo PDCA, è un approccio al problem solving che permette di mettere alla prova e testare varie possibili soluzioni ad un problema per identificare quella più efficace

prima dell'implementazione definitiva. In questo ciclo vanno applicate in sequenza quattro fasi logiche:

- 1 Pianificazione: pianificare un'azione che possa portare all'ottenimento dei risultati sperati, come il miglioramento di un processo o la risoluzione di un problema.
- 2 Esecuzione: l'implementazione delle azioni pensate deve essere eseguita inizialmente su piccola scala ed in base ai risultati ottenuti vanno espanso. È fondamentale durante questa fase documentare i risultati ottenuti per ogni singolo step.
- 3 Controllo: in questa fase i risultati ottenuti vanno studiati accuratamente e vanno confrontati con il risultato sperato per identificare il perché l'azione intrapresa abbia funzionato o meno.
- 4 Azione: è la fase in cui si decide o di identificare una nuova azione da intraprendere in caso in cui quella adottata non abbia portato ai risultati sperati, o in cui i risultati ottenuti devono essere incorporati in nuove premesse da cui è possibile iniziare un nuovo ciclo.

1.2.1.3 Sei Sigma

Il metodo Sei Sigma consiste nell'identificazione dei fattori realmente influenti sul processo e quindi del controllo di quest'ultimo. L'idea di base è l'eliminazione dei difetti e degli sprechi esercitando un controllo del processo tale da avere soltanto 3,4 parti difettose per milione, limitando così la variabilità del processo. È quindi un metodo che permette di ottenere risultati nel breve periodo e può essere applicato a tutti gli ambiti di una impresa.

Questo metodo verrà affrontato più nel dettaglio nel capitolo successivo, quando si analizzeranno gli strumenti tipici del WCM.

1.2.2 Total Industrial Engineering

Il Total Industrial Engineering è un sistema teorizzato da Yamashina di metodi per aumentare il rendimento delle operazioni all'interno del ciclo produttivo. L'idea è quella di massimizzare il più possibile il tempo dedicato alle operazioni a valore aggiunto (Yamashina, 2015) e per permetterlo è necessaria la riduzione delle operazioni:

- "Muri" (operazione innaturale),
- "Mura" (operazione irregolare),
- "Muda" (operazione senza valore aggiunto),

È da tenere presente che tutte le operazioni difficili o innaturali (Muri) vanno ridotte attraverso lo studio e l'analisi dei movimenti; i movimenti irregolari (Mura) vanno ridotti attraverso la standardizzazione degli stessi ed infine gli sprechi vanno ridotti identificando ed eliminando il

più possibile le attività non a valore aggiunto. Quest'ultima operazione è la più facile da realizzare e quindi dovrebbe essere la prima ad essere implementata. Successivamente si procede con l'identificazione di tutte le azioni innaturali e con la loro rimozione. Questo passaggio dovrebbe portare anche a semplificare i movimenti da compiere e come conseguenza ridurre anche le operazioni irregolari.

1.2.3 Total Productive Maintenance

Il Total Productive Maintenance (TPM) è un metodo per massimizzare la capacità produttiva degli impianti ed equilibrarla con i costi di manutenzione. Il principale obiettivo è ridurre tutte le possibili "perdite di produzione" intese sia come perdite dovute alle fermate (dovute ai guasti, riattrezzaggi, cambi di produzione), sia come perdite di velocità (dovute alle microfermate) e sia come perdite di qualità (come ad esempio gli scarti).

La sua implementazione è tipicamente molto utile nelle aziende capital intensive ed in particolare in quelle aziende che producono su più turni produttivi con impianti che devono garantire la massima efficienza produttiva, attraverso lo sviluppo delle politiche di manutenzione preventiva e migliorativa a scapito della manutenzione correttiva/a guasto (M&IT Consulting Srl, 2015). (HTB SA, 2018)



Figura 3: I pilastri del TPM

Il TPM, quindi, mira ad aumentare la produttività, l'efficienza e la sicurezza dando la possibilità agli operatori e ai team leader di svolgere un ruolo proattivo nella manutenzione, ispezione e pulizia quotidiane di tutti i macchinari. È formato da otto attività principali (mostrati in Figura 3) che corrispondono a otto pilastri:

- Manutenzione autonoma: il primo degli otto pilastri serve per aumentare le competenze del personale al fine di permettergli di gestire e sviluppare sia le attrezzature sia le procedure. Gli operatori, controllando le condizioni delle proprie attrezzature e dei macchinari nelle aree di lavoro, monitorano l'OEE (Overall Equipment Effectiveness) per garantire sempre una produzione ottimale.
- Miglioramento dei processi e delle macchine: il secondo pilastro i team leader raccolgono informazioni dagli operatori e dalle aree di lavoro, gestendo di conseguenza le manutenzioni preventive e i miglioramenti.
- Manutenzione preventiva: dal confronto tra operatori e team leader scaturiscono le attività e i programmi di manutenzione preventiva da svolgersi.
- Gestione anticipata delle nuove attrezzature: i team leader sono inoltre tenuti a pianificare il ciclo di vita delle attrezzature e a controllare che questi siano effettivamente quelli stabiliti.
- Gestione della qualità del processo: il continuo confronto tra operatori e team leaders sul corretto funzionamento e sulla manutenzione dei macchinari della linea porta alla nascita di nuove idee di miglioramento della qualità da tutte le aree di lavoro.
- Lavoro amministrativo: i manager hanno il compito di analizzare i dati raccolti dalla linea di produzione e di condividere i risultati e le conclusioni trovate con i team leader e con le aree di lavoro.
- Istruzione e formazione: al fine di permettere il miglioramento continuo è necessaria l'istruzione e la formazione continua degli operatori e delle aree di lavoro, migliorando così il morale, la partecipazione e l'efficienza.
- Sicurezza e successo duraturo: la sicurezza dell'intera struttura è una delle maggiori priorità e ha un impatto positivo sul successo duraturo del programma TPM.

1.2.4 Just In Time

Il metodo Just in Time (JIT) è uno dei punti essenziali della Lean Manufacturing. L'applicazione di questa filosofia permette di rendere il processo produttivo "snello" e veloce ovvero più efficiente e questo significa, secondo la metodologia Lean, evitare gli sprechi.

Il principio che si trova alla base del modello Just in Time consta nell'evitare ciò che non serve e approvvigionare il necessario per procedere nel processo produttivo solo quando è strettamente necessario. In questo modo si vanno ad eliminare tutti gli sprechi dovuti a spostamenti, acquisti e stoccaggio della materia prima o dei beni da introdurre nel flusso che determina valore per l'azienda. Questa metodologia ha quindi permesso di convertire il sistema di produzione "push" nel sistema "pull" ovvero si è passati dalla produzione di prodotti finiti

da mandare al magazzino in attesa di essere poi spediti o venduti ad un sistema in cui viene prodotto solamente ciò che si prevede di vendere in tempi brevi.

Gli obiettivi principali del JIT sono quattro:

- ridurre le scorte a magazzino
- ridurre il Lead Time (definito anche Tempo di attraversamento, ovvero è il tempo totale che intercorre tra il momento in cui si verifica la necessità di un determinato articolo e quello in cui l'articolo si rende disponibile)
- migliorare l'affidabilità del processo
- aumentare la qualità e il servizio al cliente.

Il vantaggio principale del JIT, quindi, consiste nel servire il cliente con assoluta rapidità e precisione, senza sostenere oneri di scorta. D'altra parte, però, presenta anche delle problematiche poiché si tratta di un meccanismo che non tollera errori ed inefficienze: infatti il minimo ritardo di un fornitore o di una lavorazione può comportare la paralisi dei reparti a valle.

2 Il WCM come Sistema di Produzione

Il WCM, quindi, può essere visto come un modello integrato che ottimizza tutti i processi logistici di produzione e promuove il continuo miglioramento di fattori essenziali come qualità, produttività, sicurezza, trasporto. L'applicazione del sistema è supportata da un Sistema di Audit ed è strutturato per obiettivi, il cui raggiungimento viene misurato sulla base di opportuni Key Performance Indicators (KPI).

Il suo scopo principale è massimizzare le prestazioni del sistema produttivo in accordo con i piani logistici e gli obiettivi di qualità definiti attraverso il miglioramento dei processi, il miglioramento della qualità del prodotto, il controllo e la graduale riduzione dei costi di produzione, la flessibilità nel soddisfare le richieste del mercato e dei clienti ed infine il coinvolgimento e la motivazione delle persone che operano sui processi industriali. L'applicazione del Sistema di Produzione permette alla Direzione di concentrarsi sul miglioramento invece di occuparsi dei problemi quotidiani.

Avere un insieme strutturato di metodi e strumenti applicati in tutta l'azienda che coinvolga tutti i dipendenti permette di promuovere un radicale miglioramento delle prestazioni del sistema produttivo e di assicurare che il prodotto sia consegnato al cliente nei tempi e con la qualità richiesti, eliminando anche le attività non a valore aggiunto e ogni altro tipo di perdita o spreco di risorse umane, attrezzature, materiali ed energia.

Il WCM è quindi il punto di riferimento e di arrivo del gruppo FCA e stabilisce gli standard di eccellenza da raggiungere nella definizione degli obiettivi di ogni stabilimento, unità operativa ed Unità Tecnologica Elementare (UTE) e nella successiva valutazione delle performance.

Prendendo quindi spunto dalla Lean Manufacturing, anche il WCM punta a dare una linea guida per il miglioramento continuo per tutti quegli aspetti riguardanti l'organizzazione del posto di lavoro, il sistema di controllo della qualità, il sistema di manutenzione ed il sistema logistico. In particolare, cerca di dare alle persone che lavorano nello stabilimento un metodo, basato su standard e metodi efficaci e comprensibili da tutti, che se applicato a dovere permette la crescita di tutto l'ambiente industriale (Figura 4).

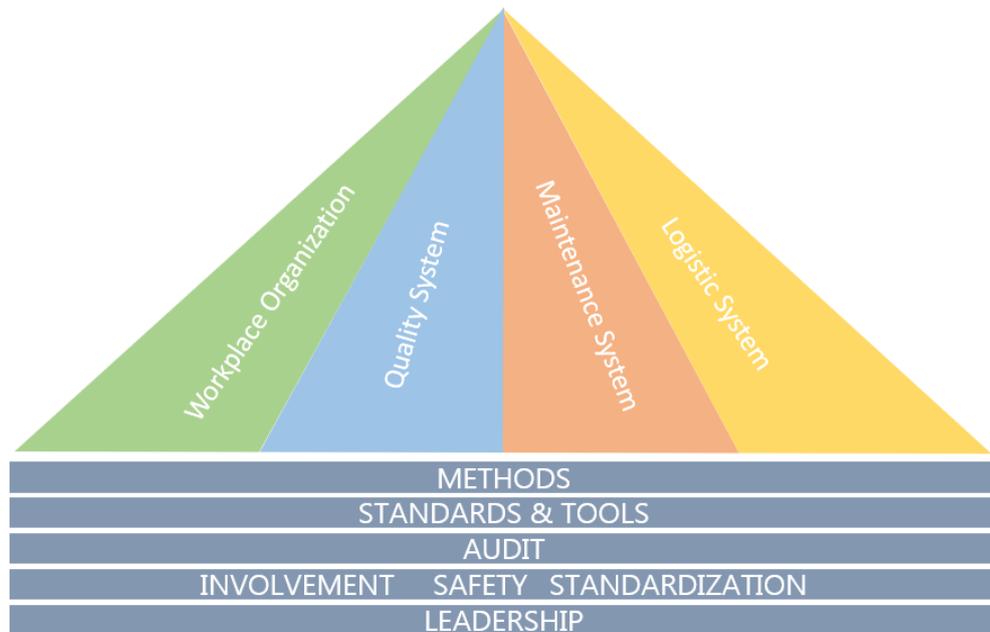


Figura 4: La struttura del WCM

Un altro strumento che favorisce lo scambio di conoscenza è il sistema di auditing che accompagna l'implementazione dei metodi tecnici e dei criteri manageriali previsti dal WCM. Come previsto dalle regole dell'Associazione WCM, che raccoglie le aziende che applicano questo programma¹, sulla base di un punteggio attribuito sulla base della valutazione di auditor appositamente certificati, si possono raggiungere tre livelli di award: *bronze*, *silver* e *gold*. Questo metodo apre, come detto da Luciano Massone, responsabile del Production System Development di FCA, "a un confronto più ampio e a uno scambio di *best practices* anche tra aziende diverse, best performer del manufacturing, a riprova di un'apertura, anch'essa nuova per la nostra cultura".

Con l'implementazione del WCM, inoltre, tutti gli stabilimenti entrano in competizione, migliorando così le performance e la comunicazione. Questo permette in primo luogo alle fabbriche di generare costantemente nuove idee grazie alla voglia di miglioramento e alla sfida continua ed inoltre migliora il clima coinvolgendo tutte le persone. Anche l'ambiente di lavoro migliora: le fabbriche diventano belle da vedere perché per migliorare le performance per prima cosa bisogna portare alla luce tutti i possibili difetti fin da quelli in fabbrica.

¹ Le aziende/Enti alla guida dell'Associazione, oltre a FCA, sono: Arcelor Mittal Group, Danfoss Compressor, Gamesa, Kyoto University, Saint Gobain Gypsum, Ugitech.

2.1 La metodologia e gli standards

Il World Class Manufacturing individua e dà un metodo di operare ad ogni dipartimento ritenuto fondamentale per la corretta gestione dello stabilimento. Il tutto può essere rappresentato sotto forma di un tempio in cui i pilastri rappresentano i dipartimenti, i quali vengono a loro volta correlati ad altrettanti pilastri manageriali, posti alla base delle colonne (rappresentazione visibile in Figura 5).

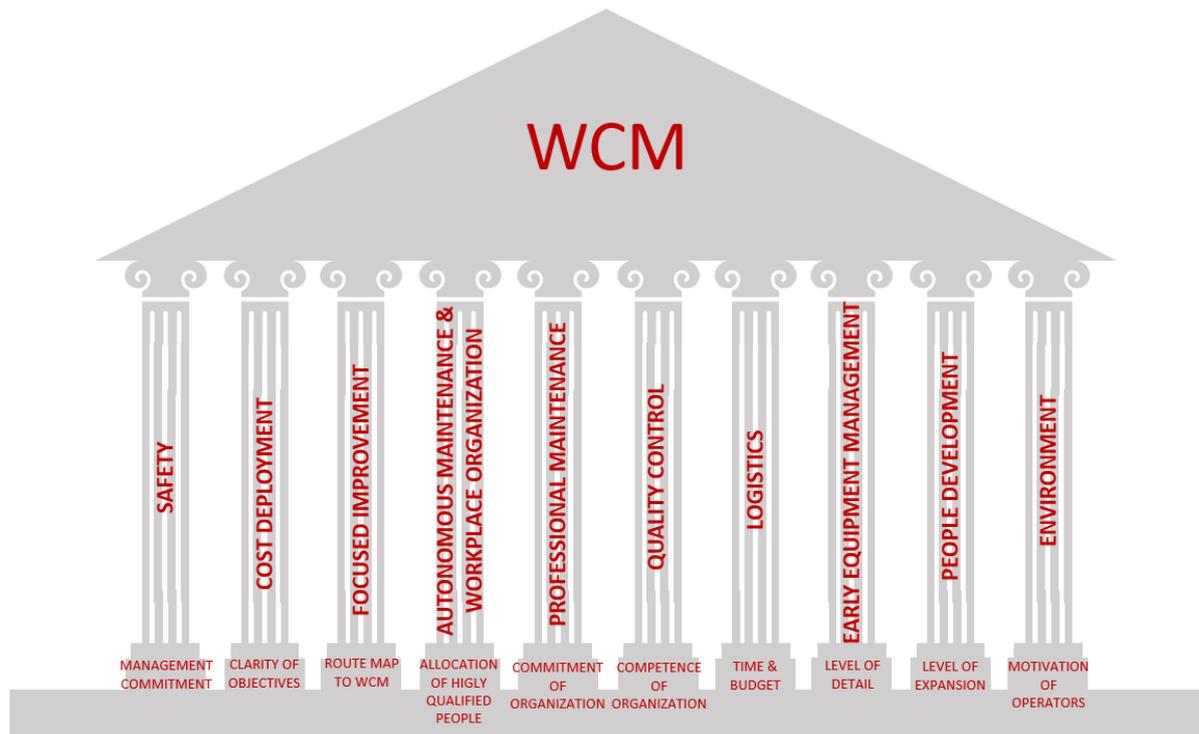


Figura 5: Rappresentazione della metodologia WCM

I dipartimenti che si possono individuare sono quindi:

- Safety
- Cost Deployment
- Focused Improvement
- Autonomous Activity: Workplace Organization & Autonomous Maintenance
- Professional Maintenance
- Logistics
- Early Product/Equipment Management
- People Development
- Environment

Questi pilastri saranno analizzati più nel dettaglio nel capitolo successivo.

I pilastri manageriali, invece, sono:

- Management Commitment
- Clarity Objectives
- Route Map of WCM
- Allocation of highly Qualified People
- Commitment of Organization
- Competence of Organization
- Time and Budget
- Level of Detail
- Level of Expansion
- Motivation of Operators

Al fine di raggiungere l'eccellenza operativa, occorre considerare idealmente due dimensioni: *la profondità* dei pilastri tecnici e dei loro step e *l'estensione*, che consente di trasmettere il know-how dall'area di partenza (model area) a tutte le altre (HTB SA, 2018).

2.1.1 Profondità

Ciascuno dei dieci dipartimenti, secondo la filosofia WCM, per portare avanti un processo di miglioramento continuo deve implementare sette step uno di seguito all'altro. Ogni step permette all'impresa di passare da uno stato *reattivo* a uno *proattivo*, passando per quello *preventivo* (Figura 6).

- a) Fase *reattiva*: viene individuato il problema e vengono attuate le azioni correttive per ridurre gli effetti negativi;
- b) Fase *preventiva*: vengono esaminati i problemi per ogni processo e vengono individuate e rimosse le cause radici evitando così che si ripetano nuovamente;
- c) Fase *proattiva*: vengono presi in esame i processi e le possibili problematiche che possono affrontare al fine di poterle prevenire e migliorare sia i processi sia gli standard di lavoro.

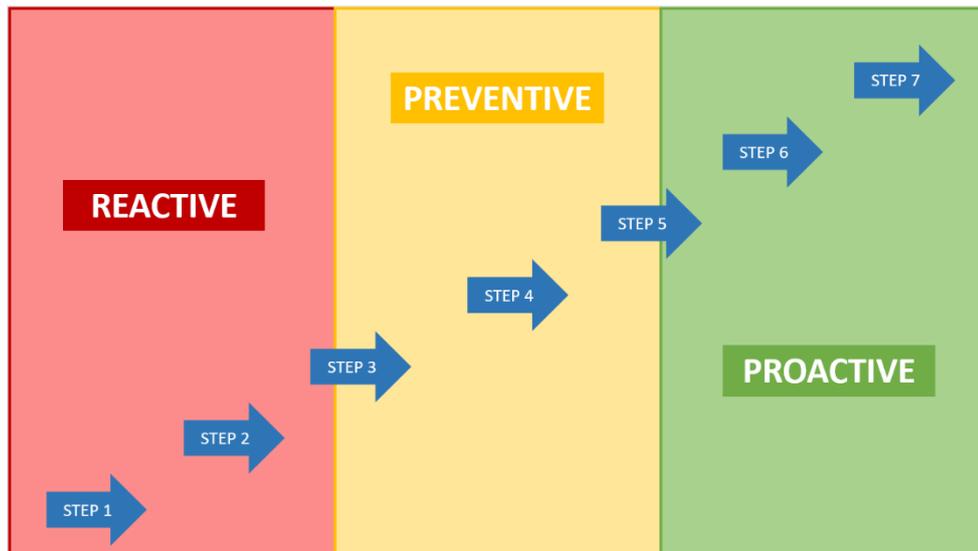


Figura 6: Fasi dei 7 step di ogni pilastro WCM

2.1.2 Estensione

L'implementazione della metodologia e dei pilastri tecnici avviene secondo un processo di Espansione. Ciò significa che le attività vanno applicate prima di tutto ad una *model area* e successivamente, dopo averne visto i benefici, vanno espanso gradualmente anche alle altre aree, continuando comunque a implementare progetti via via sempre più complessi sull'area modello.

Solitamente come *model area* viene presa quella che possiede i macchinari più critici, per poi estendere quindi il modello anche alle altre aree fino ad arrivare all'estensione totale su tutto lo stabilimento (Figura 7).



Figura 7: Illustrazione dell'espansione del modello WCM su tutto l'impianto produttivo

2.2 Gli strumenti principali

Ogni pilastro utilizza degli strumenti precisi e affidabili che devono essere applicati all'interno dei progetti di miglioramento e permettono di sviluppare competenze di eccellenza mettendo in gioco la creatività e l'esperienza delle persone coinvolte.

In Tabella 1 è possibile vedere per ogni dipartimento gli strumenti che vengono utilizzati maggiormente, alcuni dei quali sono già stati visti nel capitolo precedente.

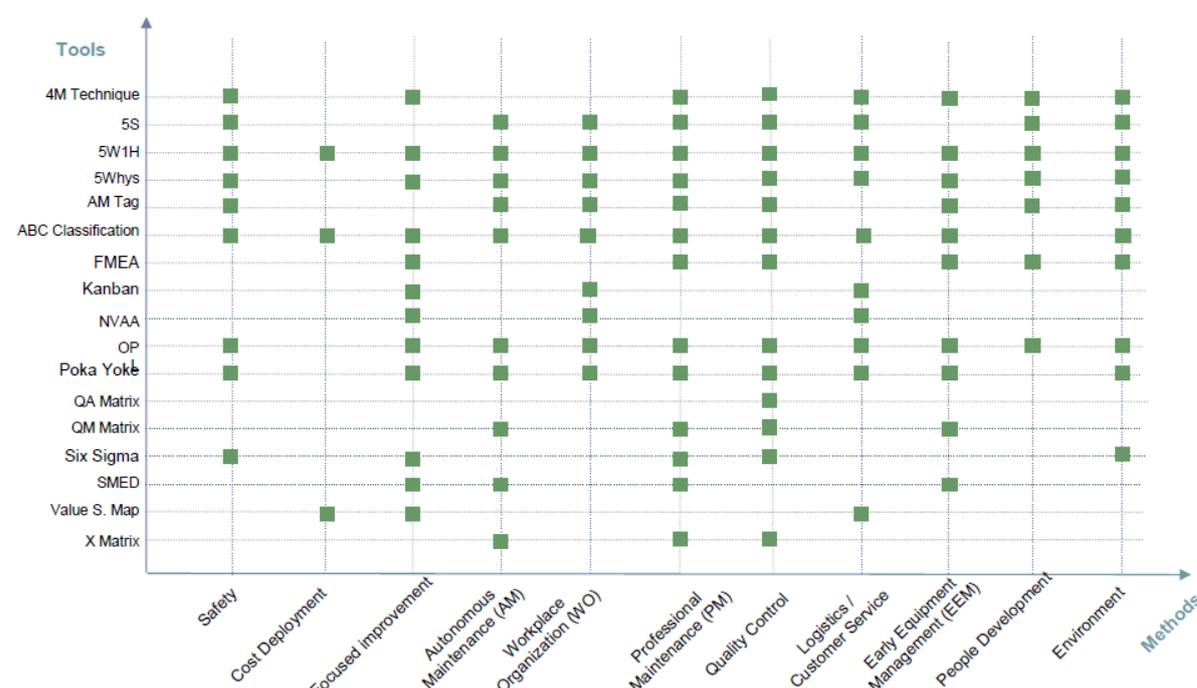


Tabella 1: Principali relazioni tra i dipartimenti e gli strumenti operativi usati

Gli strumenti che vengono utilizzati maggiormente sono:

- la tecnica delle 4M
- la tecnica delle 5 "S"
- il metodo dei cinque perché (5 W)
- il metodo delle 5 "W" e una "H" (5 W + 1 H)
- l'utilizzo dei "cartellini"
- la classificazione ABC
- la FMEA
- il "kanban"
- l'analisi delle azioni a non valore aggiunto (NVAA)
- la "One Point Lesson" (OPL)
- il "poka-yoke"

- la QA-Matrix
- la QM-Matrix
- il metodo sei sigma
- Il "Single Minute Exchange of Die" (SMED)
- la Value Stream Map (VSM)
- la X-Matrix

2.2.1 Le 4M (Machine – Material – Method – Man)

La tecnica delle 4M, o diagramma causa-effetto, è uno strumento utilizzato per analizzare un fenomeno facendo una lista di possibili fattori (cause, concause, sotto cause) all'origine del fenomeno (effetto) e successivamente organizzando i fattori elencati in categorie. Il suo scopo, quindi, è rappresentare la relazione tra l'effetto e la causa (FIAT Group Automobili, 2007).

La tecnica delle 4M più utilizzata è quella sviluppata da Ishikawa (diagramma a lisca di pesce): la sua diffusione è stata favorita dalla sua intrinseca capacità di orientare il gruppo di lavoro verso la stratificazione dei fattori in categorie più ampie. Per classificare le cause di un problema, Ishikawa ha proposto, come metodo generale, quello delle quattro M: il metodo, i materiali, l'uomo e i macchinari. In alcuni casi si aggiungono l'ambiente, la misurazione, i fattori di gestione o il mercato (in ottica clienti - concorrenti).

Questa tecnica, inoltre, promuove l'aggregazione ad alto livello di un gruppo di lavoro multidisciplinare e può essere utilizzata in tutte le fasi del ciclo PDCA:

- nella fase diagnostica, per generare possibili teorie sulle cause di una deviazione
- nella fase decisionale, per generare possibili soluzioni e valutare i rischi delle soluzioni
- nella fase di pianificazione, per prevedere potenziali problemi.

Il diagramma delle 4Ms deve assomigliare a un "grande albero con rami" (Figura 8) e l'effetto considerato deve rappresentare un obiettivo identificabile e misurabile e non deve essere confuso con il problema (non va confuso il sintomo con la malattia).

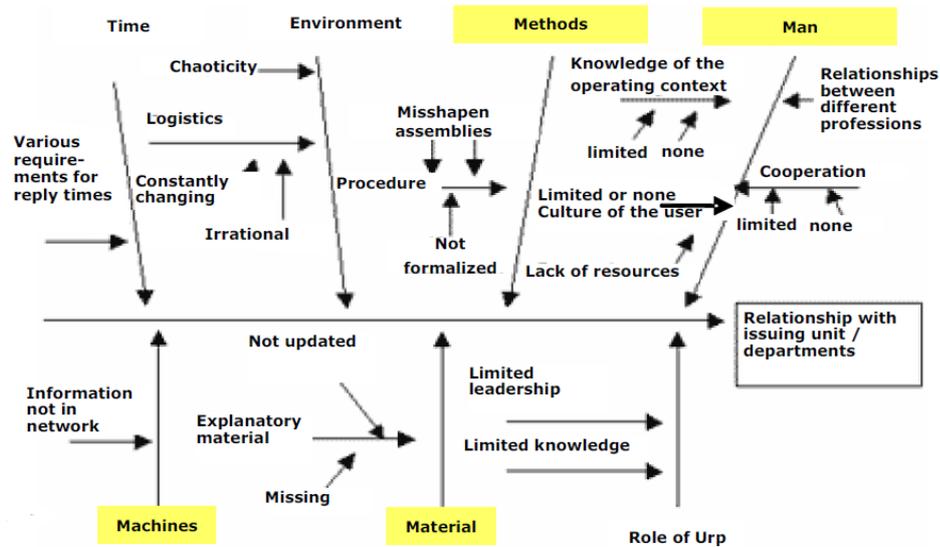


Figura 8: Esempio di diagramma causa-effetto (FIAT Group Automobiles, 2007)

Le fasi da seguire necessarie per la compilazione del diagramma sono principalmente sei:

- definire e specificare l'effetto riscontrato, il problema studiato, l'obiettivo predefinito
- utilizzare il Brainstorming per elencare tutte le possibili cause dell'effetto
- identificare le categorie/famiglie di fattori, elementi e cause che possono contribuire a generare l'effetto considerato
- identificare le sotto cause (cause delle cause) che possono contribuire a causare l'effetto e inserirle opportunamente lungo il ramo dell'area su cui ci si sta concentrando
- continuare la ricerca dei componenti nelle sequenze causa-effetto fino a raggiungere la causa che ha dato origine al problema
- controllare attentamente la validità delle sequenze causa-effetto adottando lo stesso approccio

2.2.2 Le 5 "S"

5 "S" è il nome di un metodo di miglioramento del posto di lavoro sviluppato in Giappone.

Le 5 'S' sono le iniziali delle parole giapponesi che esprimono i concetti di base del metodo:

- Seiri: dividere
- Seiton: mettere in ordine
- Seiso: spazzare e pulire
- Seiketz: disciplina
- Shitzuke: tenere in ordine (se stessi)

Lo scopo principale di questa metodologia è quello di infondere un atteggiamento mentale generale mantenendo il posto di lavoro pulito e ordinato apportando piccoli ma continui miglioramenti alle condizioni di lavoro ed infine migliorare la produttività e la qualità, riducendo i tempi di ricerca e le attività non a valore aggiunto. Applicando queste 5 "S", infatti, si ottiene una:

- riduzione dei tempi di ricerca
- riduzione dei problemi di qualità
- creazione di un ambiente più sicuro e confortevole
- coinvolgimento di tutti nelle attività di miglioramento

Le caratteristiche principali che hanno portato questo approccio al successo sono il fatto che sia uno strumento metodico, ovvero che definisca chiaramente i principi e le regole da applicare; ed il fatto che sia permanente, ovvero che deve essere applicato costantemente per garantire buoni risultati.

2.2.3 5 "W" + 1 "H"

Il metodo delle 5 "W" e una "H" è uno strumento di analisi logica utilizzato nelle tecniche di miglioramento della qualità per garantire che un problema o un argomento in discussione sia analizzato con una visione completa di tutti i suoi aspetti essenziali: chi, cosa, dove, quando, perché e come.

Come si intende dalla celebre frase di Rudyard Kipling "...ho sei onesti servitori che mi hanno insegnato tutto quello che so, i loro nomi sono cosa e perché e quando e come e dove e chi" (Kipling, 1902), le 5 "W" + 1 "H" aiutano a comprendere le circostanze specifiche ogni volta che è necessaria una comprensione più profonda. Aiutano a concentrarsi sui problemi chiave ed inoltre queste domande possono essere utilizzate a diversi livelli a seconda della profondità di indagine da raggiungere.

Who?	<ul style="list-style-type: none"> • Who is doing it • Who should do it? • Who else could do it? • Who else should do it? 	Why?	<ul style="list-style-type: none"> • Why is that person doing it? • Why do it? • Why do it there? • Why do it then? • Why do it in that way? 	When?	<ul style="list-style-type: none"> • When was it to be done? • When should be done? • When else could it be done? • When else should it be done?
What?	<ul style="list-style-type: none"> • What must be done? • What should be done? • What else could be done? • What else should be done? 	Where?	<ul style="list-style-type: none"> • Where must it be done? • Where it is being done? • Where should it be done? • Where else could it be done? • Where else should it be done? 	How?	<ul style="list-style-type: none"> • How is it done? • How is it being done? • How should it be done? • How else could it be done? • How else should it be done?

Figura 9: Esempio del metodo 5W1H

2.2.4 I "5 perché"

Questo metodo è uno strumento di Problem-solving destinato a rintracciare le cause profonde di un fenomeno anomalo attraverso un insieme consecutivo di domande, i "perché", a cui bisogna rispondere. Per risalire alla vera causa del problema, è importante indagare almeno cinque possibili cause e non fermarsi ai primi perché. Questa metodologia si applica principalmente in:

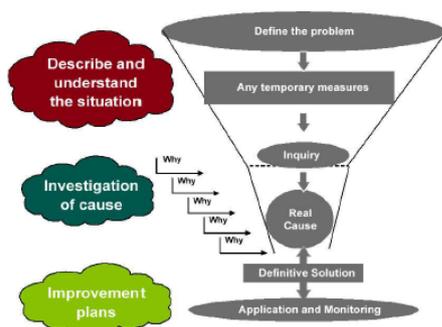
- analisi dei guasti
- analisi di difetti sporadici
- analisi di perdite croniche dovute a cause specifiche.

Lo scopo principale di questa indagine è, appunto, sia identificare la causa "alla radice" di un problema specifico in modo da eliminarla completamente, sia abituare le persone a porsi delle domande e a trovare delle risposte, cioè a usare la propria intelligenza.

È importante inoltre ricordare che nell'entrare nei minimi dettagli per stabilire la causa principale non ci sono limiti ai livelli di indagine e che vanno descritte con precisione tutte le cause (anche quelle che si rivelano errate) e le azioni (anche quelle che si decide di non applicare) per mantenere il controllo delle analisi fatte.

Vanno infine usati dati piuttosto che espressioni generiche e, per ogni causa, vanno identificate le azioni che la elimineranno per sempre.

Gli Step



Un esempio

Topic analyzed: MICRO STOPPAGES GRINDING "LANDIS" Tg. 735217

PROBLEM	1st why	2nd why	3rd why	4th why	5th why	ACTION
Cycle does not start due to fault in the feed unit	'Flange forward' sensor does not enable the cycle	Pins do not enter the holes	Insufficient 'slow' rotation to find holes			Set minimum slow rotation values (2 turns instead of 0.5)
			Insufficient push of springs			Use springs with higher load
			Insertion more difficult in threaded holes (smaller diameter)			Round the contact surfaces of the feed pins
			In the case of random positioning of the feed units on the chamfer, the part is pulled instead of remaining still, so that the pins are not inserted	Slow rotation in one direction only		Set a rotation in the opposite direction to the feed unit if the pins are not inserted after searching for the holes

Figura 10: Gli step da seguire e un esempio del metodo applicato ad un ciclo di lavorazione

2.2.5 AM Tag - Autonomous Maintenance Tag

L'AM Tag consiste nell'affissione di cartellini opportunamente compilati ai macchinari che presentano difetti. Questi ultimi vengono solitamente riscontrati durante le fasi iniziali della manutenzione autonoma, ossia durante specifici arresti per ispezione e pulizia.

In ogni caso, l'etichettatura dei difetti è un'attività che deve essere effettuata di continuo, ogni volta che l'operatore o il manutentore identifica un problema che non può essere risolto immediatamente o che tende a ripresentarsi. Lo scopo di questo metodo è principalmente quello di rendere visibile qualsiasi difetto, deterioramento, eccesso di rumore, componenti mancanti, fonti di sporcizia, aree inaccessibili, rischi per la sicurezza dell'operatore o per la qualità del prodotto.

Il metodo di applicazione è abbastanza semplice: il cartellino viene compilato dalla persona che ha identificato il problema e ne vengono fatte due copie. La prima viene inserita nell'apposita tasca in una lavagna per la successiva registrazione, analisi e pianificazione delle azioni. La seconda, invece, rimane sulla macchina vicino al difetto fino alla risoluzione definitiva del problema.

In questo modo si riesce sia ad evidenziare qualsiasi tipologia di difetto della macchina, anche se banale, sia a semplificare la successiva fase di analisi, avendo già nel cartellino tutti i dati necessari. Inoltre, attaccando il cartellino accanto al difetto si riesce a identificare in maniera visiva il punto sul macchinario dove si verifica il problema. In Figura 11 si può vedere un esempio di cartellino.

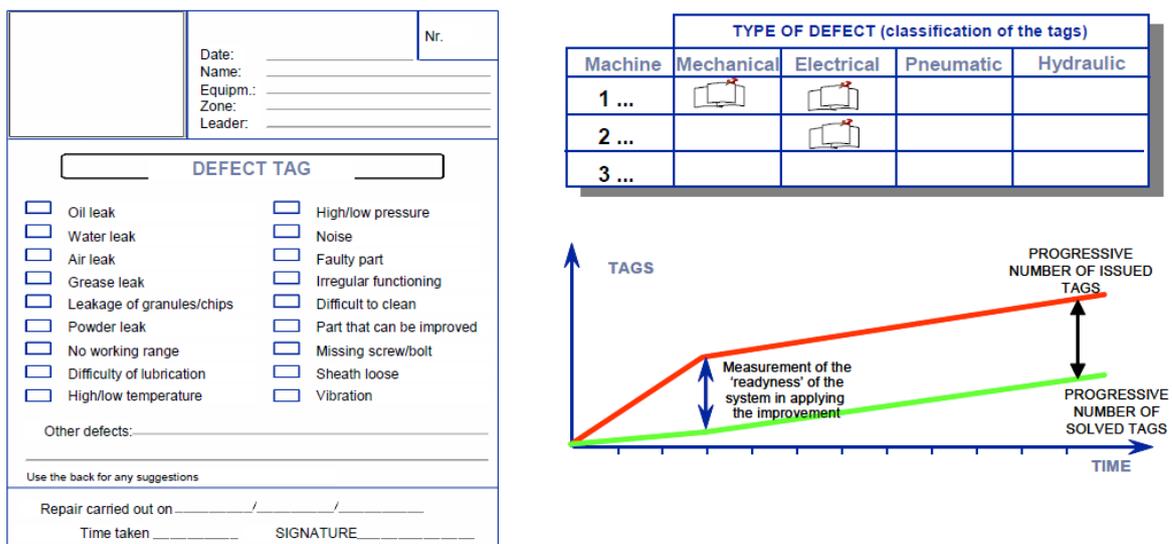


Figura 11: Esempio di AM Tag

2.2.6 Classificazione ABC

La classificazione ABC è uno strumento utilizzato per classificare le risorse secondo la priorità, al fine di ottimizzare l'uso delle risorse di manutenzione, sia umane sia economiche.

Il suo scopo principale è, quindi, quello di allineare la priorità della manutenzione con gli obiettivi aziendali secondo il Cost Deployment, identificando le macchine più critiche per l'impianto e capire la significatività di questo in termini di sicurezza, qualità del prodotto, costi di manutenzione, consumo di energia, ambiente e in termini di prestazioni dell'intero processo produttivo con, allo stesso tempo, un alto coefficiente di utilizzo.

Il metodo consiste nel, prima di tutto, definire ed elencare tutte le macchine e successivamente nel classificarle utilizzando il metodo TGPC. In questa metodologia si cercano di individuare:

- T - Tempo di riparazione
- G – Gravità
- P – Probabilità di guasto
- C – Impatto critico

In particolare, per ogni voce viene dato un punteggio, come si può vedere in Figura 12, la cui somma darà un "*Plant Priority Score*". Questa puntuazione andrà fatta per ogni macchinario soggetto allo studio.

Una volta effettuata la classificazione dei macchinari, si procede con la divisione di questi in quattro classi secondo i risultati dell'analisi TGPC:

- >95% Classe AA
- 80%-95% Classe A
- 20%-80% Classe B
- < 20% Classe C

Infine si va a verificare la coerenza dei risultati della classificazione con la distribuzione dei costi. Il risultato deve essere bilanciato con la relativa valutazione in modo che il team di lavoro si concentri solo sulle attrezzature con la maggiore perdita o su quelle più critiche per il business.

Classification	Description	Nr.	Item	Score assignment guidelines
Time to Repair (T)	Mean Time to Repair calculated according to the failure data collection system (ticket, etc.)	1	Mean Time to Repair (MTTR)	>1day = 35, <0.5 hours = 5
Gravity (G)	Effect on other machines/equipment in terms of safety; production; environment; costs.	2	Use of the Machine/Equipment	>100% = 5 <60% = 1
		3	Effect on product quality (quality KPI)	Effect quality KPI > 10% = 5; no effect = 0
		4	Costs of non quality (Returns from Customer)	>€2,500 = 5, €250 = 1
		5	Losses of Energy	>€4,000 = 5, €250 = 1
		6	Impact on production	0.1% of the production loss of the Line = 5 < 0.01% of the production loss of the Line = 1
		7	Impact of the failure on the safety of persons	High risk for the personnel = 5, No risk = 1
		8	Impact of the failure on the environment	High risk for the environment = 5, moderate effect = 1
Probability of Failure (P)	Mean Time Between Faults based on past data (if available) - MTBF	9	Frequency of stoppage due to the failure	MTBF >4/month = 35, <1/month = 5
Critical nature of the plant (C)	Based on the critical impact of the equipment as regards consequent line stoppages	10	Critical impact of the equipment as regards consequent line stoppages	20 = Has no impact on the line/process
				40 = has an impact on the line < 24hours
				60 = has an impact on the line > 24hours
				80 = has an impact on more than one line < 24hours
100 = has an impact on more than one line > 24hours				

T + G + P + C = Plant Priority Score

Figura 12: Punteggi per la classificazione ABC

2.2.7 FMEA - Failure Mode and Effects Analysis

La FMEA è una tecnica di analisi preventiva del prodotto o del processo utilizzata per definire, identificare ed eliminare "guasti", problemi ed errori prima che sia troppo tardi e quindi troppo costoso. Per ogni guasto è possibile stimare:

- l'effetto del problema sul sistema
- la probabilità che il guasto si verifichi
- i mezzi disponibili per rilevare che si è verificato un guasto.

Questa tecnica risulta molto utile sia quando si cerca di prevenire potenziali malfunzionamenti del prodotto e del processo produttivo, riducendo il più possibile i loro effetti sull'azienda e sul cliente, sia quando si vuole identificare ed evidenziare le caratteristiche dei parametri critici del prodotto/processo al fine di permettere un'adeguata gestione durante la produzione e l'assistenza al cliente.

Grazie a questo strumento si riesce ad effettuare un'identificazione dei punti deboli in quanto a sicurezza, affidabilità e tecnologia di produzione.

Inoltre permette di ottenere una riduzione del numero di modifiche del prodotto o delle attrezzature di produzione, nonché una riduzione del costo delle modifiche, dei tempi di sviluppo di nuovi prodotti, dei costi di assistenza in garanzia, dei guasti interni alla produzione (costi di non qualità) e del rischio per quanto riguarda la responsabilità oggettiva del produttore. In ultimo ma non meno importante, permette il miglioramento della soddisfazione del cliente.

Gli step necessari per applicare correttamente il metodo, come elencati in (Leemis, 1995), sono:

- formare la squadra
- raccogliere e analizzare le informazioni
- identificare il prodotto o il processo da analizzare
- identificare le funzioni per ogni prodotto o processo da analizzare
- identificare i modi di guasto (rispettivamente deterioramento del funzionamento e difetti del prodotto)
- identificare gli effetti di ogni modalità di guasto (dal punto di vista del cliente esterno e interno) cliente interno)
- rintracciare, organizzare ed elencare le cause dei modi di guasto
- descrivere le misure di controllo previste
- quantificare la probabilità di occorrenza delle cause di ogni modalità di guasto (p)
- quantificare la gravità degli effetti dei modi di guasto (g)
- quantificare la possibilità di registrare i modi di guasto (r) nel caso in cui questi si verificano
- calcolare il rischio associato (calcolo dell'indice di probabilità di rischio:
 $pgr = p \times g \times r$)
- elencare in ordine di priorità e assegnare le azioni correttive
- applicare le azioni correttive e rivalutare il rischio (calcolo del nuovo pgr)
- distribuire, rivedere e aggiornare l'analisi

A seconda di qual è il soggetto dello studio, la FMEA prende un nome differente: se si studiano componenti o parti di componenti prende il nome di D-FMEA (o Project FMEA), se invece l'analisi è incentrata sulle operazioni e sulle attrezzature di processo prende il nome di P-FMEA (o Process FMEA).

2.2.8 Kanban

Il Kanban è uno strumento di pianificazione e regolazione della produzione estremamente semplificato. Lavora a ritroso dai processi a valle a quelli a monte, dimensionando il flusso di produzione e ordinando i processi necessari secondo un approccio di tipo Pull. Ogni stazione di lavoro, estraendo ciò di cui ha bisogno dal deposito inter-operazionale, autorizza la stazione di lavoro a monte a reintegrare ciò che è stato estratto.

Il Kanban è, quindi, uno strumento di comunicazione dei requisiti attraverso i vari processi secondo il quale nulla deve essere prodotto (o procurato) da una stazione di lavoro (o da un fornitore) se non nel caso di un preciso fabbisogno fisicamente segnalato da una postazione a valle (cliente). Uno schema del funzionamento è illustrato in Figura 13.

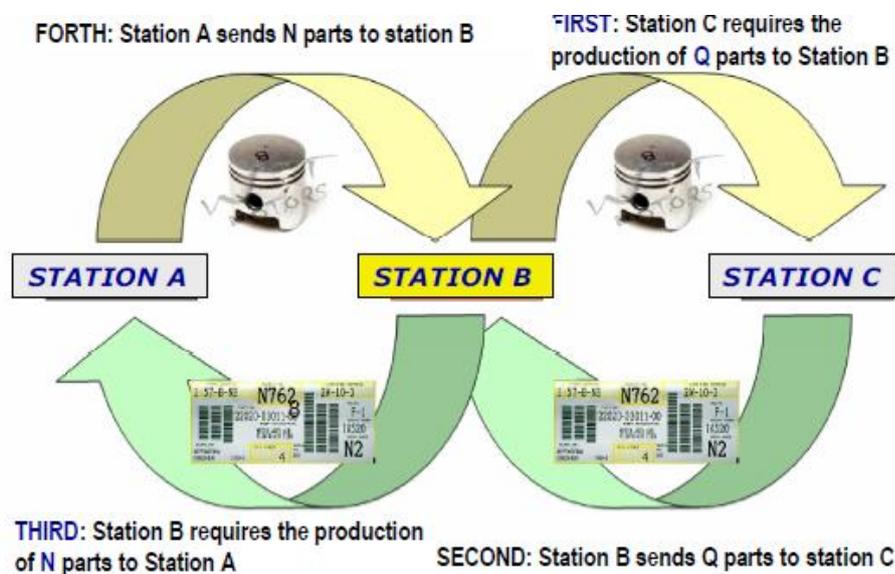


Figura 13: Diagramma di funzionamento di un sistema a Kanban

Gli obiettivi principali che il Kanban si pone sono prima di tutto la riduzione delle scorte (ridurre il numero di Kanban), un alto livello di qualità e sviluppare una gestione visiva. In secondo luogo punta anche ad eliminare i tempi morti e a semplificare le procedure.

Questo metodo si applica principalmente in tutti quei sistemi "Pull" in cui vengono definite priorità specifiche in base al processo di produzione a valle. In un sistema 'Pull', la produttività viene migliorata controllando i flussi di lavoro e attraverso:

- piccoli lotti
- brevi tempi di set-up della macchina (SMED)
- scorte minime e comunque controllate
- operatori coinvolti in fasi di completamento del lavoro.

Il metodo Kanban per essere messo in atto deve seguire quattro fasi di applicazione:

- 1) Definizione del modello: in questa prima fase bisogna codificare ogni singolo materiale, associarli un codice Kanban, scalare dal conteggio le scorte, registrare e definire i tempi di approvvigionamento ed infine definire i tipi di container;
- 2) Definizione delle procedure: in questa seconda fase va calcolato il numero di Kanban necessario, vanno creati i cartellini e va attivata la procedura di fornitura dei portacontainer
- 3) Sperimentazione: definite le procedure, bisogna mettere in pratica il sistema e conseguentemente verificare sul campo che tutto funzioni alla perfezione. In questa fase possono essere proposti dei miglioramenti.
- 4) Consolidazione: una volta identificate le procedure corrette da seguire, queste vanno consolidate in tutto lo stabilimento.

2.2.9 NVAA – Not Value-Added Activities

L'analisi delle azioni a non valore aggiunto risulta uno strumento utile al fine di identificare le attività che non aggiungono valore per il cliente e/o l'azienda. Esempi di attività non a valore aggiunto di un processo, di una procedura o di un servizio sono tutti quei movimenti inutili, attese, conteggi, rilavorazioni, ispezioni e controlli (Imai, 2015).

Bisogna tenere presente che le attività non a valore aggiunto rimangono tali anche se definite nel foglio delle operazioni e quindi sono considerate parte del tempo standard secondo l'Analisi Lavoro.

Per applicare lo strumento, è stata sviluppata un'applicazione informatica (Figura 14) che permette la visualizzazione, divisione e classificazione delle attività svolte da un operatore, la selezione di quelle a valore aggiunto e di quelle non, la misurazione della parte di attività non a valore aggiunto ed infine la quantificazione dei possibili margini di miglioramento.

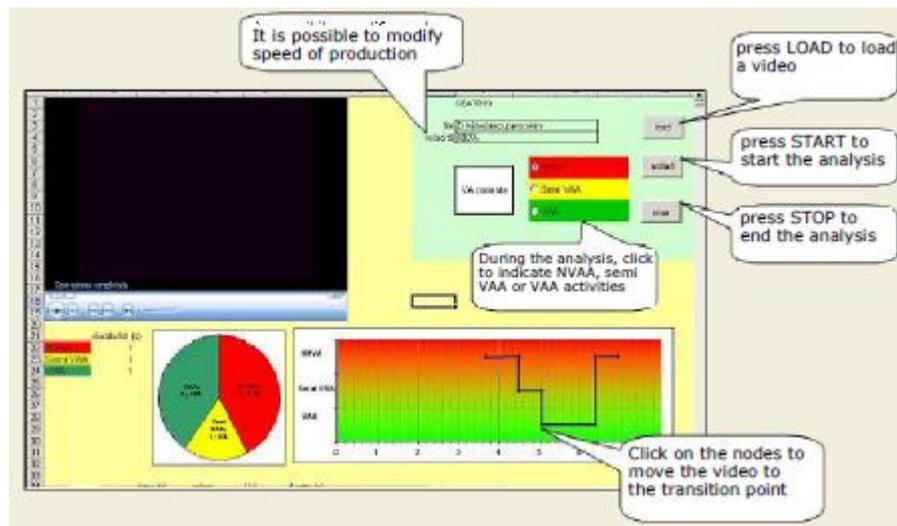


Figura 14: Applicazione per l'identificazione delle NVAA

2.2.10 OPL - One Point Lesson

La OPL è uno strumento di formazione semplice ma efficace che permette di focalizzare l'argomento della formazione in un solo punto, in poco tempo e in un solo foglio. Il segreto per garantire la chiarezza di un OPL consiste nel preparare un testo di facile comprensione, con schizzi, disegni e foto.

Lo scopo di questo tool è andare a descrivere e distribuire le migliori pratiche di un impianto. Ci sono tre tipi di OPL:

1. *Lezioni di base:* migliorano le conoscenze di base degli operatori con le informazioni tecniche o gestionali che hanno bisogno di conoscere (insegnano come realizzare una certa attività, come funziona un componente dell'impianto, ecc...).
2. *Lezioni su problemi specifici:* si insegna agli operatori cosa fare in situazioni specifiche per evitare errori, guasti, difetti o incidenti; per farlo, si preparano schizzi o foto per descrivere il problema e indicare chiaramente i passi da fare per evitare che si ripeta.
3. *Lezioni di miglioramento:* sono utili per distribuire la conoscenza dei miglioramenti effettuati su tutto l'impianto, dall'attrezzatura al metodo di lavoro o al prodotto, in modo che diventino know-how condiviso e siano applicati in tutta l'organizzazione al presentarsi di situazioni simili.

Come si può osservare in Figura 15, l'OPL risulta essere una scheda di facile comprensione. L'addestramento attraverso l'uso dell'OPL è di solito effettuato dalla manutenzione o dagli ingegneri di processo. La parte inferiore dell'OPL viene utilizzata per registrare la formazione effettuata e, inoltre, le OPL devono essere numerate, divise per argomento e opportunamente gestite per il successivo impiego.

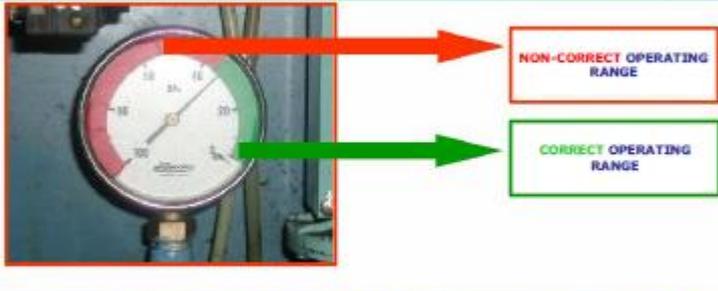
ONE POINT LESSON (OPL)				Basic knowledge <input type="checkbox"/>	Problem <input type="checkbox"/>	Improvement <input type="checkbox"/>	Rep. Nr.
Plant: M.F.	O.U.: ENGINES	UTE: 105	OP. 110 SAIMP GRINDING	Compiled by:.....		Nr. 17	
Subject: FLOW INDICATORS – visual control of operating range						Signature:	Date: 03/07/15
							
Highlighted the operating range with indication in red (incorrect operating range) and green (correct operating range)							
Data of the training							
Trainer							
Student							

Figura 15: Esempio di scheda OPL

2.2.11 Poka Yoke

Il Poka Yoke è una tecnica molto utilizzata per prevenire gli errori umani nello svolgimento di qualsiasi attività produttiva.

Le soluzioni adottate devono essere il più possibile semplici e di costo ridotto, definite a partire dall'inizio, sia per quanto riguarda la progettazione attenta del posto di lavoro, sia per quella delle attrezzature e, in particolare, del prodotto: soltanto in questo modo sono possibili i Poka Yoke a costo zero.

La convinzione di fondo dei Poka Yoke è che la produzione anche di un solo pezzo difettoso non è accettabile e che la qualità a costo zero si ottiene solo prevenendo i difetti e non cercando di ripararli in un secondo momento. Il Poka Yoke si basa, quindi, sul voler costruire la qualità direttamente nei processi: tutti gli errori e i difetti dovuti alla disattenzione vanno eliminati direttamente dove possono essere generati.

Come illustrato in Figura 16, il processo di ideazione di un Poka Yoke consiste in tre passaggi principali:

1. Identificare la caratteristica principale che contraddistingue l'oggetto preso in esame, come per esempio il peso, la taglia o la forma.
2. Capire quale potrebbero essere i passaggi all'interno del processo che potrebbero portare ad un successivo problema grave, come per esempio il posizionamento scorretto dell'oggetto o l'attivazione erranea di un pulsante, etc.
3. Progettare un metodo semplice per evitare che il problema si generi, per esempio inserendo una maschera o creando un incavo della forma dell'oggetto in esame.

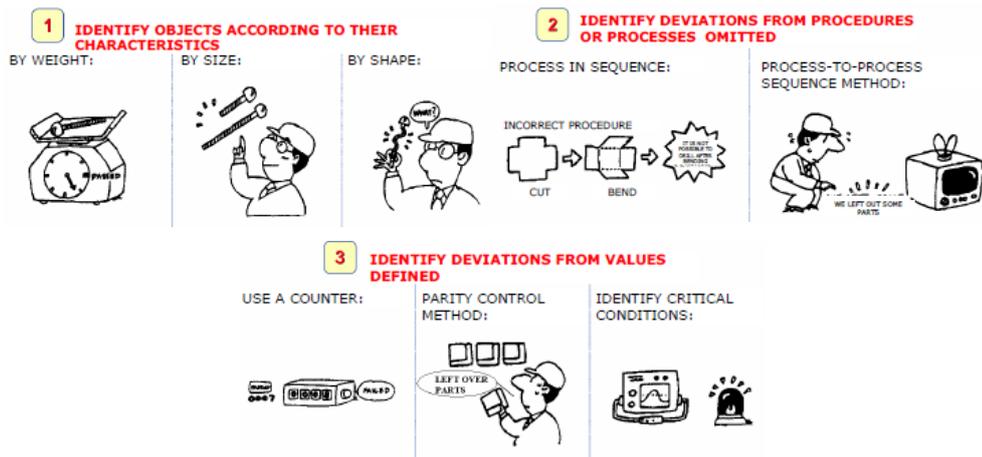


Figura 16: Processo di creazione di un Poka Yoke

Uno dei più famosi esempi di Poka Yoke è la normale chiavetta USB (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**): per evitare di poterla inserire al contrario, la chiavetta possiede nella parte inferiore un pezzetto di plastica che obbliga l'inserimento nell'apposito spazio in un solo verso.

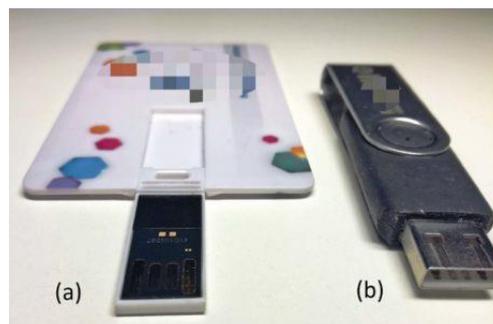


Figura 17: Esempio di chiavetta USB senza (a) e con (b) Poka Yoke

2.2.12 QA Matrix

La matrice QA permette di evidenziare le correlazioni tra i difetti generati nel prodotto e le fasi (a vari livelli di dettaglio) del sistema produttivo, sia interno che esterno, in cui si generano. Inoltre, permette di dividere i difetti per priorità, pesandoli secondo parametri quali: frequenza di occorrenza, costo dei materiali, costo della manodopera coinvolta nella rilavorazione o riparazione, gravità per il cliente (vedi Tabella 2).

Oltre ad elencare i difetti in ordine di priorità, con la QA Matrix si riesce sia ad identificare le ubicazioni fisiche delle non conformità a diversi e via via più approfonditi livelli di dettaglio, sia a evidenziare il legame esistente tra ogni tipo di non conformità e le corrispondenti fasi del processo in cui si sono verificate ed inoltre anche a definire l'importanza di ciascuna delle 4M in relazione a ciascuna non conformità, per ogni fase del processo (leanmanufacturing, 2021).

2.2.13 QM Matrix

La QM Matrix è uno strumento per definire e mantenere le condizioni operative della macchina in modo tale che garantisca le prestazioni di qualità desiderate (leanmanufacturing, 2021).

In particolare, consiste in un insieme di tabelle nelle quali vengono indicate, per ogni componente della macchina che influisce sulla qualità del prodotto, le condizioni operative e i controlli necessari per evitare le non conformità. I punti in cui si svolgono le attività previste sono indicati sulla macchina applicando un'etichetta verde (Q Point).

QM MATRIX TTM 90° CUTTER																					
Parameter	ROLLERS IN			LET-OFF SYSTEM				FESTOON		GRIPPER CARRIAGE											
	Level	Parallelism between rollers	Free running of rollers	Stabilization of possible gaps within the fabric reel	Reel support bearing	Reel centring cylinder	Start off system coils	Electric activation	Safety bars	Directional values of activation	Holding condition of plastic beading sensor	Holding condition of fabric reinforced	Distance between beaming blades	Stabilization of side-slicing blades	Scarfing	Feed	Speed	Roll and gears	Fabric attachment control valves		
Measuring Means	Measuring device	Accuracy level	Fabric measuring tape	Visual	Chromometer	Visual	Visual	Test by actuating	Test by actuating	Diagnosable	Visual	Visual	Fabric gauge	Frame caliper	Visual	All metric scale	All metric measuring tape	Chromometer	Speed	Roll and gears	Disassemblable
Specified	Max 0,2 millimeter	Max difference of 10 mm	Roll	Roll	1/141 seconds	Roll	Roll	Roll	Roll	Clean and lubricated	Roll	Roll	0,05 mm	0,5 mm	No wear play or noise	Value of WS +/- 1,0 mm	Value of WS +/- 1,0 mm	±0,40 ±0,5 speed 3,0 ± 0,5 s	Without wear excessive play	Clean and lubricated	
Frequency	Triweekly	Triweekly	Triweekly	Triweekly	Triweekly	Triweekly	Triweekly	Every 18 weeks	Every 18 weeks	Every 30 weeks	At the beginning of each shift	At the beginning of each shift	Triweekly	Triweekly	Every 12 weeks	At each start change	Triweekly	Triweekly	Every 12 weeks	Every 30 weeks	
Responsible	DM/EM	DM/EM	DM/EM	DM/EM	DM/EM	DM/EM	DM/EM	DM-ELMP	DM-ELMP	DM/INSTR.MIMP	OP/PROFESSIONAL check list	OP/PROFESSIONAL check list	DM/EM	DM/EM	DM/INSTR.PREY	OP/PROFESSIONAL check list	DM/EM	DM/EM	DM/INSTR.PREY	DM/INSTR.MIMP	
Q Points																					
Defects																					
P1	START AND END OF FABRIC REEL																				
P5	BRUSH EFFECT																				
G1	CONVOLUTION																				
G2	FOLDS AND WRINKLES																				
H6	SIDE CORDS SUI																				
P25	OPEN PREPARATION SPACE																				
G29	STRETCH																				
CE1	FOREIGN BODY (POLYETHYLENE)																				
ZERO DEFECT MANAGEMENT																					
1. Are the conditions clear?	1.1 Fixed Standard	1																			
	1.2 Checking method	3																			
	1.3 Easy to see	5																			
2. Are the conditions easy to set?	2.1 Difficult to regulate/manual measurement	1																			
	2.2 Easy to regulate and measure	3																			
	2.3 Pre set	5																			
3. Is the volume variable?	3.1 During normal production	1																			
	3.2 Only at the beginning	3																			
	3.3 Exceptionally	5																			
4. Is the variance variable?	4.1 Difficult to check	1																			
	4.2 Standard measuring system	3																			
	4.3 Continuous	5																			
5. Is it easy to restore?	5.1 By the maintenance dept.	1																			
	5.2 By the operator	3																			
	5.3 Automatic	5																			
MAXIMUM SCORE		25									19	19				17					

Tabella 3: Esempio di QM Matrix

Il principale obiettivo della matrice in questione consiste nell'elencare le condizioni operative che devono essere mantenute sulla macchina (parametri di funzionamento, ispezioni,

sostituzioni, procedure di lavoro e di regolazione, ecc.), da chi (operatore della macchina, manutentore), come (attrezzature, tolleranze, ecc.) e quando (frequenza, fase del ciclo, ecc.) al fine di evitare non conformità del prodotto. In aggiunta è utile per creare una check-list degli obiettivi di qualità che garantisca la prevenzione e la reazione immediata alle non conformità, oltre che per definire le responsabilità dell'operatore della macchina e del personale di manutenzione e identificare i loro requisiti di formazione.

Particolare attenzione va data alle condizioni operative della macchina che garantiscono zero difetti: queste devono essere chiaramente definite, facili da stabilire e non devono poter essere cambiate facilmente. Inoltre, devono essere facili da riconoscere e da ripristinare.

2.2.14 Six Sigma

Come già accennato nel capitolo precedente, il metodo *Sei Sigma* serve per effettuare una corretta gestione della qualità. Viene applicato in tutto il mondo in aziende di diverse dimensioni che operano in vari settori come GE, Motorola, American Express (FIAT Group Automobilies, 2007).

Il metodo promuove una gestione più efficiente ed efficace dei processi aziendali e il controllo delle relazioni sottostanti di causa ed effetto, permettendo di identificare, quantificare ed eliminare le attività che non migliorano la redditività e definire nuovi standard di lavoro.

Lo scopo principale del *Six Sigma* è quello di permettere di prendere decisioni basate su dati oggettivi e non su percezioni soggettive. Grazie a ciò si riescono ad ottimizzare di molto i processi e a migliorare notevolmente la qualità. Attraverso questo metodo, quindi, si riesce ad aumentare la produttività, ridurre le inefficienze, tagliare i costi, ottenere una migliore soddisfazione del cliente ed infine promuovere una migliore competitività.

Il Sei Sigma vede tre applicazioni principali:

- DMAIC - Miglioramento incrementale dei processi esistenti (Definisci, Misura, Analizza, Migliora, Controlla)
- DMADV - Riprogettazione di processi esistenti, progettazione di nuovi processi (Definire, misurare, analizzare, progettare, verificare)
- DFSS-IDOV - Design robusto (Design for Six Sigma - Identificare, Progettare, Ottimizzare, Validare)

In questo testo analizzeremo nel dettaglio solamente la prima applicazione, ovvero il miglioramento incrementale dei processi esistenti.

2.2.14.1 DMAIC

Il DMAIC consiste essenzialmente nell'applicazione di cinque step fondamentali:

1. *Definire*: identificazione del problema, degli obiettivi e dell'ambito del progetto.
2. *Misurare*: analisi e misurazione delle prestazioni attuali del processo.
3. *Analizzare*: analisi e registrazione delle cause principali.
4. *Migliorare*: selezione delle strategie di risoluzione dei problemi.
5. *Controllo*: standardizzazione della situazione, miglioramento continuo.

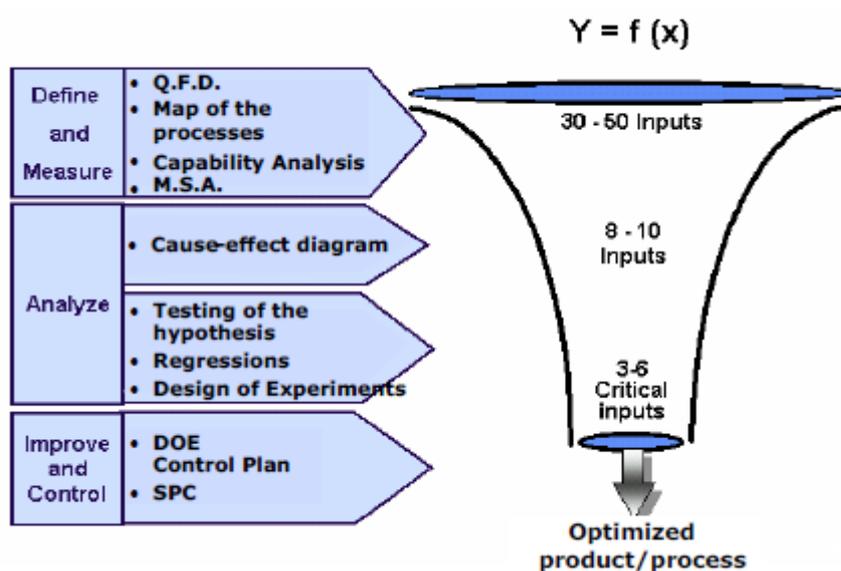


Figura 18: Schema dell'applicazione del DMAIC

Il *Six Sigma* è un metodo di miglioramento che comporta diverse decisioni e ogni decisione viene presa dopo un'analisi attenta e strutturata del processo esistente. I dati che si devono analizzare sono quindi fondamentali: se si possiedono tutti possiamo fare l'analisi, altrimenti dobbiamo prendere dei campioni. A questo punto, l'analisi dei dati prevede l'uso di nozioni e strumenti statistici, il cui uso è semplificato da un software statistico specifico (come per esempio MINITAB). Come già detto nel capitolo precedente, l'eliminazione dei difetti e degli sprechi avviene esercitando un controllo del processo tale da avere soltanto 3,4 parti difettose per milione, limitando così la variabilità del processo.

2.2.15 SMED - Single Minute Exchange of Die

Lo SMED è un insieme di tecniche per realizzare operazioni di cambio o di set-up in meno di dieci minuti. È uno strumento di analisi e di riprogettazione delle procedure operative degli impianti con lo SMED ha lo scopo di ridurre al minimo i fermi macchina e quindi le operazioni di set-up interno.

È particolarmente adatto ai processi che effettuano una produzione a lotti con alti tempi di set-up o set-up frequenti, per processi caratterizzati da frequenti sostituzioni di utensili, per processi di produzione "collo di bottiglia" o ancora per processi in cui le operazioni di set-up hanno un impatto importante sulla qualità del prodotto.

L'applicazione dello SMED promuove il miglioramento dell'efficienza della linea di produzione con una conseguente riduzione del WIP dovuta ai tempi di set-up e alla dimensione dei lotti (riduzione del lotto economico). In aggiunta si ottiene una riduzione della complessità del lavoro degli operatori, una riduzione dei tempi di risposta in caso di modifiche dei programmi di produzione e favorisce la produzione flessibilità del sistema (JIT). In ultimo si ha una riduzione dei costi dovuti a difetti e rilavorazioni nella fase di avvio della produzione, una riduzione del numero di attrezzature utilizzate (nel caso di grandi miglioramenti nei tempi), una riduzione dei costi di gestione del processo ed infine il coinvolgimento del personale operativo nelle attività di miglioramento.

Lo SMED richiede l'uso di un insieme di strumenti specifici di registrazione e riprogettazione dei processi che sono strutturati in modo diverso a seconda degli scopi tecnici e/o organizzativi dell'analisi, per esempio

- diagramma di flusso con tempi
- riprogettazione del lay-out
- tecniche 5S e Visual Factory
- modifiche tecnologiche Poka Yoke.

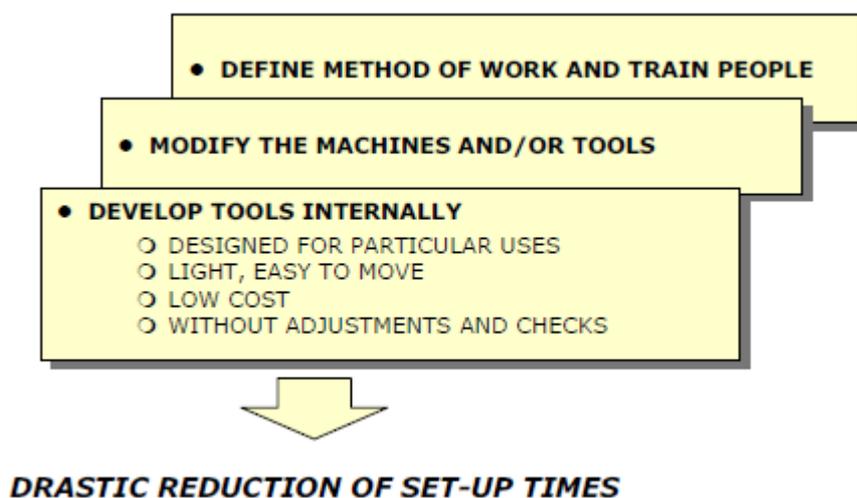


Figura 19: Schema di applicazione dello SMED

2.2.16 Value Stream Map

Uno strumento che permette di evidenziare le aree di spreco di un processo aziendale è la Value Stream Map. In particolare, aiuta a vedere, capire e rappresentare il flusso attuale di materiali e informazioni che, riferendosi a un prodotto specifico, fluiscono attraverso il flusso di valore dal cliente ai fornitori (esempio di Current State Map in Figura 20).

Questa mappa del flusso corrente permette di disegnare un'ulteriore mappa di come dovrebbe essere il flusso del processo futuro, secondo i miglioramenti identificati e la loro applicabilità (esempio di Future State Map in Figura 20).

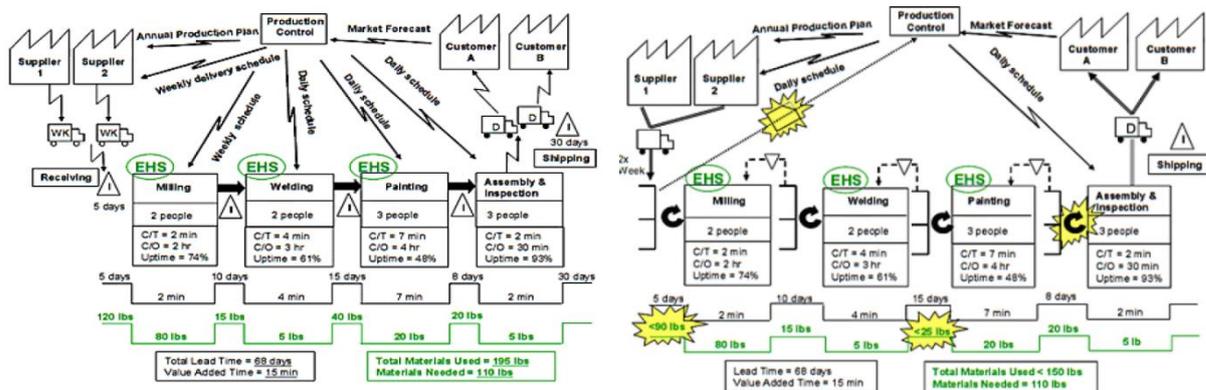


Figura 20: Esempio di current state e futura state VSM (FIAT Group Automobiles, 2007)

Per quanto riguarda la Lean Production (il miglioramento continuo), prima di definire la Future State Map, è anche importante rappresentare una situazione ideale (Ideal State Map) (Mike Rother, 1999).

Gli scopi principali di una VSM sono, quindi, sia visualizzare il flusso dei processi e definire ciò che deve essere fatto per migliorarlo e ottenere valore aggiunto, sia vedere dove si trovano gli sprechi e le loro cause, ma anche definire una situazione da raggiungere e porre le basi per un piano di implementazione con una rappresentazione grafica che riassume le decisioni operative e i benefici.

Per costruire una *Value Stream Map*, è necessario per prima cosa selezionare una famiglia di prodotto e analizzare il suo flusso corrente. Successivamente bisogna andare a sviluppare quello che dovrebbe essere il flusso ideale (quindi irraggiungibile) di quel componente e da questo flusso va ricavato quello futuro, implementabile con un miglioramento graduale dei processi. Quindi bisogna iniziare a sviluppare un piano di implementazione e successivamente metterlo in pratica.

2.2.17 X Matrix

Per X Matrix si intende, in generale, uno strumento di miglioramento della qualità che permette di confrontare due coppie di liste di elementi per evidenziare le correlazioni che esistono tra una lista e le due liste adiacenti (come possiamo vedere in Figura 21). Come strumento FAPS², viene utilizzato principalmente quando si analizzano le cause dei difetti di qualità del prodotto e si vuole trovare il legame tra l'anomalia e il componente della macchina che ne è responsabile. In particolare, si applica per stabilire la relazione tra:

- il tipo di difetto (modalità del difetto),
- il fenomeno anomalo che causa questo difetto (variabili di processo o fenomeno anomalo),
- la parte della macchina su cui si genera (gruppo di macchine)
- i componenti della macchina su cui effettuare le attività di prevenzione (Q Point/Component. Vedi QM Matrix), con le relative condizioni di funzionamento e i parametri da verificare.

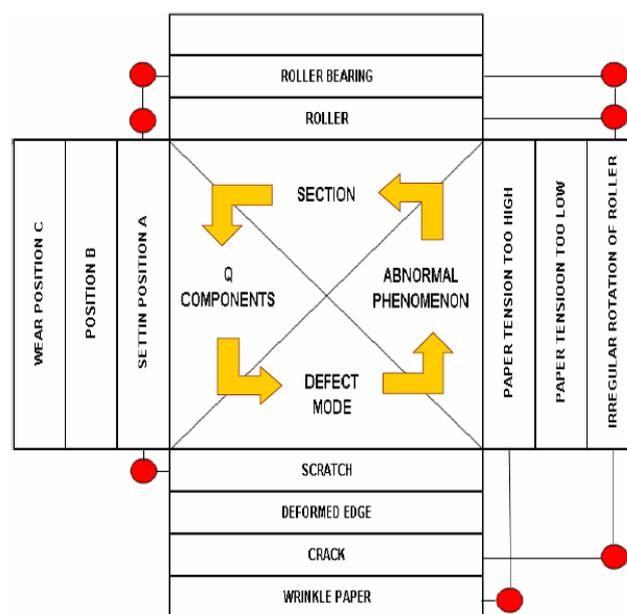


Figura 21: X Matrix

Il metodo di applicazione è abbastanza semplice: utilizzando i simboli convenzionali, le quattro aree considerate vengono correlate tra loro, in modo ciclico:

- Modalità del difetto
- Fenomeno anomalo o Variabili di processo

² Fiat Auto Production System

- Sezione o Gruppo macchina
- Q Point o Componenti

In questo modo, è possibile osservare quale elemento, riferito ad ogni area, è critico per l'applicazione delle successive azioni correttive, di manutenzione e di formazione. Se applicata correttamente, la Matrice X è un potente strumento di analisi che, tuttavia, richiede una conoscenza approfondita dei fenomeni fisici e dei legami tra il prodotto e il processo.

2.3 Il sistema di revisione e i KPI

Il Sistema di Produzione del gruppo è stato strutturato con un chiaro approccio orientato agli obiettivi, in cui questi devono essere misurabili, condivisibili e monitorati continuamente in tutta l'organizzazione (FIAT Group Automobilies, 2007). Per questo è stato sviluppato un modello di KPI (Key Performance Indicator) composto da famiglie omogenee di indicatori quali il costo, la qualità, la produttività, la sicurezza, le risorse umane, il sistema di produzione, la consegna e le scorte. Questi indicatori sono stati selezionati facendo riferimento prima di tutto alle leve su cui ogni livello è in grado di operare per influenzare l'andamento dell'indicatore ed in secondo luogo alle migliori pratiche prese dall'esterno dell'organizzazione di Fiat Auto, tra aziende WCM riconosciute.

Il sistema di Audit è uno dei principali elementi per valutare, guidare e supportare l'applicazione del Fiat Auto Production System secondo il percorso verso il World Class Manufacturing. Ha lo scopo di monitorare l'andamento dei risultati (attraverso i KPI) e di guidare il management alla corretta applicazione dei metodi del Production System. Per fare questo sono previsti sia audit interni periodici, effettuati dal management di stabilimento per monitorare l'andamento delle attività dei Pilastri, sia audit esterni, da parte di manager indipendenti per la certificazione dei livelli raggiunti.

Il Sistema di Audit, come previsto da WCM, comprende:

- 10 criteri tecnici (Pilastri), ciascuno riferito ad una precisa metodologia, organizzata in 7 fasi di applicazione
- 10 criteri manageriali, a supporto dei criteri tecnici dei Pilastri, necessari per l'applicazione ottimale del Sistema di Produzione.

La valutazione si basa sull'Indice di implementazione delle metodologie (MII). Per calcolarlo, l'impianto viene valutato per ogni pilastro con un punteggio da 0 a 5. Sommando poi ogni singolo punteggio, si ottiene la valutazione complessiva dell'impianto (Indice di Attuazione delle Metodologie - MII) che può essere applicato anche a livello di Unità Operativa e UTE.

Una volta che la valutazione è stata controllata da degli esperti esterni, vengono assegnati riconoscimenti specifici all'impianto. In particolare, viene data una medaglia in base al punteggio ottenuto:

- Bronzo \geq 50 punti
- Argento \geq 65 punti
- Oro \geq 80 punti

Inoltre, per poter ambire ad una certa medaglia è richiesto un livello minimo di implementazione del sistema di produzione su alcuni pilastri.

Bronzo

- Sicurezza: livello > 3
- AM: livello > 2
- PM: livello > 2
- WO: livello > 2

Argento

- Sicurezza: livello > 4
- AM: livello > 2
- PM: livello > 3
- WO: livello > 3
- Qualità: livello > 2

Oro

- Sicurezza: livello > 4
- AM: livello > 2
- PM: livello > 4
- WO: livello > 4
- Qualità: livello > 4
- Logistica: livello > 4

3 I Pilastri del WCM

Come visto nel capitolo precedente, il World Class Manufacturing individua dieci dipartimenti fondamentali per il corretto svolgimento della direzione dello stabilimento. Questi dipartimenti sono, come visto, Safety, Cost Deployment, Focused Improvement, Autonomous Activity (composto da Workplace Organization e Autonomous Maintenance), Professional Maintenance, Logistics, Early Product/Equipment Management, People Development ed Environment.

Come detto, il metodo del WCM può essere raffigurato da un tempio (Figura 5). In questa rappresentazione ogni pilastro occupa una posizione ben precisa all'interno della struttura: i pilastri più importanti sono posti all'estremità della struttura, mentre quelli di meno rilievo sono posti verso il centro. In ottica Lean infatti, senza un'eccellente sicurezza e un ottimo ambiente, lo stabilimento non potrebbe neppure esistere in quanto sarebbe impossibile lavorarci. Senza controlli di qualità o una manutenzione preventiva invece, lo stabilimento sarebbe sicuramente e nettamente meno efficiente e affidabile, ma comunque sarebbe in grado di produrre.

Ogni pilastro, come discusso all'inizio del capitolo precedente, possiede una sua profondità composta di sette step, i quali, applicati uno dopo l'altro, permettono la corretta gestione del dipartimento in questione.

Il testo analizzerà ora ciascun pilastro nello specifico, soffermandosi in particolare sul pilastro *Early Equipment Management*.

3.1 Sicurezza

Il pilastro *Safety* nasce con l'idea di soddisfare le esigenze degli operatori, promuovendo il miglioramento continuo della sicurezza sul posto di lavoro. In particolare, si pone l'obiettivo di ridurre drasticamente il numero di incidenti attraverso lo sviluppo di una cultura della prevenzione in materia di sicurezza, migliorando costantemente l'ergonomia del posto di lavoro e sviluppando le competenze professionali specifiche (FIAT Group Automobilies, 2007). Progressivamente, infatti, tutti gli appartenenti all'organizzazione dovranno essere coinvolti in un processo di sensibilizzazione crescente attraverso un percorso sugli aspetti normativi, economici ed etici.

3.1.1 Aspetti normativi

Ogni paese dispone di normative specifiche in merito alla sicurezza del posto di lavoro che prevedono sanzioni economiche e penali in caso di mancato rispetto. È necessario, quindi, al fine di affrontare le problematiche di prevenzione in ogni stabilimento, averne una conoscenza diffusa ed osservarle rigorosamente (FIAT Group Automobilies, 2007).

3.1.2 Aspetti economici

Qualsivoglia incidente avvenuto sul luogo di lavoro genera sia costi diretti (come i costi legali ed assicurativi) sia costi indiretti (come il danneggiamento del prodotto, le perdite di produzione, danneggiamento impianti, morale del personale ed immagine aziendale, per esempio). La somma di questi costi, che derivano dall'evento infortunistico, supera sempre di gran lunga quelli necessari per l'eliminazione del rischio e per la diffusione di una corretta cultura della prevenzione (FIAT Group Automobilies, 2007).

3.1.3 Aspetti etici

Il gruppo CNH ha dedicato un capitolo del suo *Codice di Condotta alla "Salute, sicurezza e ambiente"*³. Al suo interno si legge che:

"Il gruppo persegue l'obiettivo di garantire una gestione efficace di salute, sicurezza ed ambiente. Tutti coloro che lavorano per il Gruppo sono responsabili della buona gestione di salute, sicurezza ed ambiente".

Per raggiungere gli obiettivi di cui sopra, sono necessari eseguire audit interni periodici sulla sicurezza al fine di dare una corretta formazione a tutto il personale. Inoltre, non deve mancare una continua identificazione e valutazione dei rischi di ogni singola postazione di lavoro e una analisi sistematica degli incidenti che avvengono in stabilimento al fine di evitare che si presentino problemi (come malattie muscolo-scheletriche) negli operai o che si ripresentino gli stessi incidenti, magari in maniera più grave. Se necessario, questo dipartimento deve incentivare i miglioramenti tecnici delle macchine e sul posto di lavoro ed è obbligato a eseguire una corretta istruzione, formazione e un corretto controllo per tutti i dipendenti (il processo di valutazione del rischio da mettere in atto in tutte le Unità Tecnologiche Elementari – UTE - è mostrato in Figura 22).

³ (CNH Industrial, 2013)

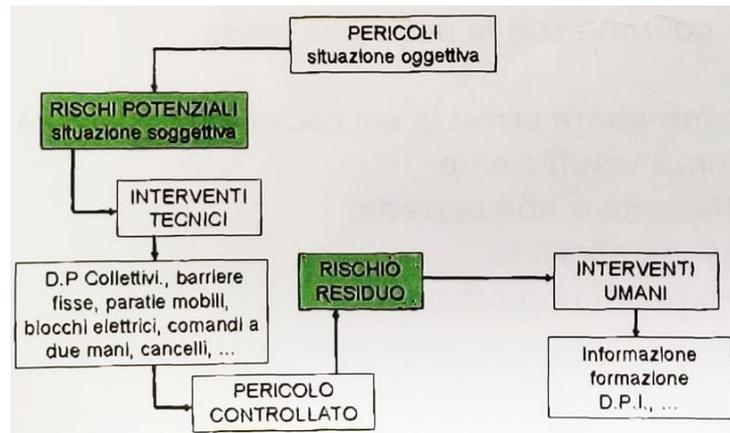


Figura 22: Il processo di valutazione del rischio

3.1.4 L'approccio per l'azzeramento degli incidenti

L'attività finalizzata all'azzeramento degli incidenti passa attraverso l'analisi e il miglioramento del sistema persona/macchina e dell'organizzazione aziendale. Elemento chiave comune ai tre sistemi è la misurazione, consistente:

- *per quanto riguarda le persone*, nell'eseguire alcune misurazioni al fine di prevenire i comportamenti che potrebbero generare errori;
- *per quanto riguarda i macchinari*, nell'effettuare misure per prevenire gli incidenti originati dalle macchine;
- *per quanto riguarda la gestione organizzativa*, nell'eseguire misure per garantire la partecipazione.

Un esempio di misura e di rappresentazione standard degli eventi anomali con implicazioni sulla sicurezza è quella che deriva dagli studi di H.W. Heinrich, un pioniere sulla ricerca dei sistemi industriali (Heinrich, 1959)⁴.

La piramide di Heinrich è uno strumento utile per quantificare gli eventi anomali per la sicurezza, accaduti all'interno dello stabilimento, secondo la gravità e di monitorare il loro andamento nel tempo. Questa piramide è composta di sei livelli di gravità crescente e convenzionalmente il sesto livello comprende anche le condizioni di non sicurezza. I sei livelli, mostrati in Figura 23, sono:

1. infortuni letali;
2. infortuni con danni permanenti
3. infortuni lievi

⁴ Heinrich, dopo aver raccolto i dati di migliaia di eventi, ha dimostrato come per ogni incidente grave ci siano mediamente 30 incidenti di gravità minore, in termini di danni o lesioni, e circa 300 eventi di pericolo nei quali questi danni o lesioni non si sono verificati, ma che hanno le stesse dinamiche di casualità degli eventi più gravi.

4. medicazioni
5. incidenti minori
6. condizioni di non sicurezza

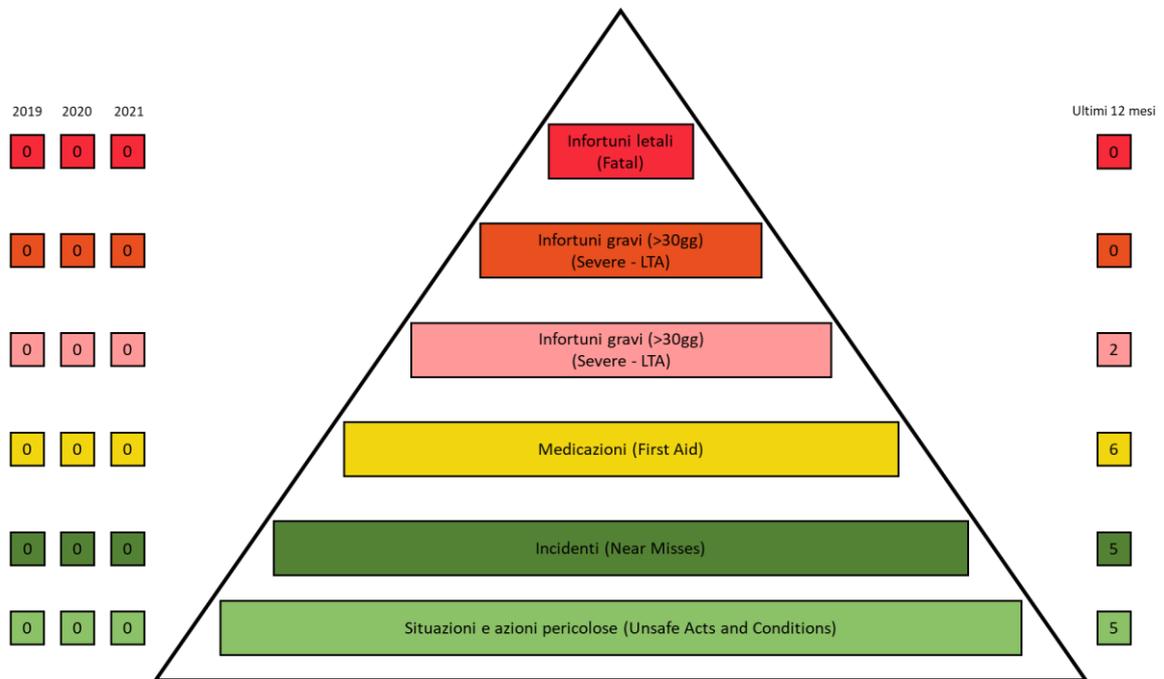


Figura 23: Piramide di Heinrich

Per affrontare i problemi di sicurezza nell'organizzazione dello stabilimento è necessario operare parallelamente sulla parte alta e sulla parte bassa della piramide, procedendo progressivamente alla riduzione degli eventi misurati dalla piramide, per fasce progressive.

Tale processo passa attraverso l'analisi accurata non solo degli incidenti più gravi, ma anche di quelli della parte bassa. In particolare, per incidere sui contenuti di quest'ultima parte è necessario effettuare il passaggio da un approccio reattivo ad uno proattivo (Ketter & Massone, 2007). Per farlo bisogna stimolare le persone che oltre all'applicazione delle norme e all'uso dei DPI previsti, devono partecipare alla segnalazione dei problemi e dei rischi potenziali, alla proposta di soluzioni e alla partecipazione attiva di rimozione delle cause.

3.1.5 Il processo di implementazione

I sette step per il raggiungimento dell'eccellenza operativa, mostrati in figura 24, sono:

1. Analisi degli incidenti e delle relative cause.
2. Contromisure e ampliamento degli orizzonti.
3. Standard iniziali di sicurezza (listando tutti i principali problemi).
4. Ispezione generale della sicurezza (istruzione della forza lavoro).

5. Ispezione autonoma (misure contro i potenziali problemi).
6. Standard di sicurezza autonomi.
7. Completa implementazione della gestione della sicurezza.

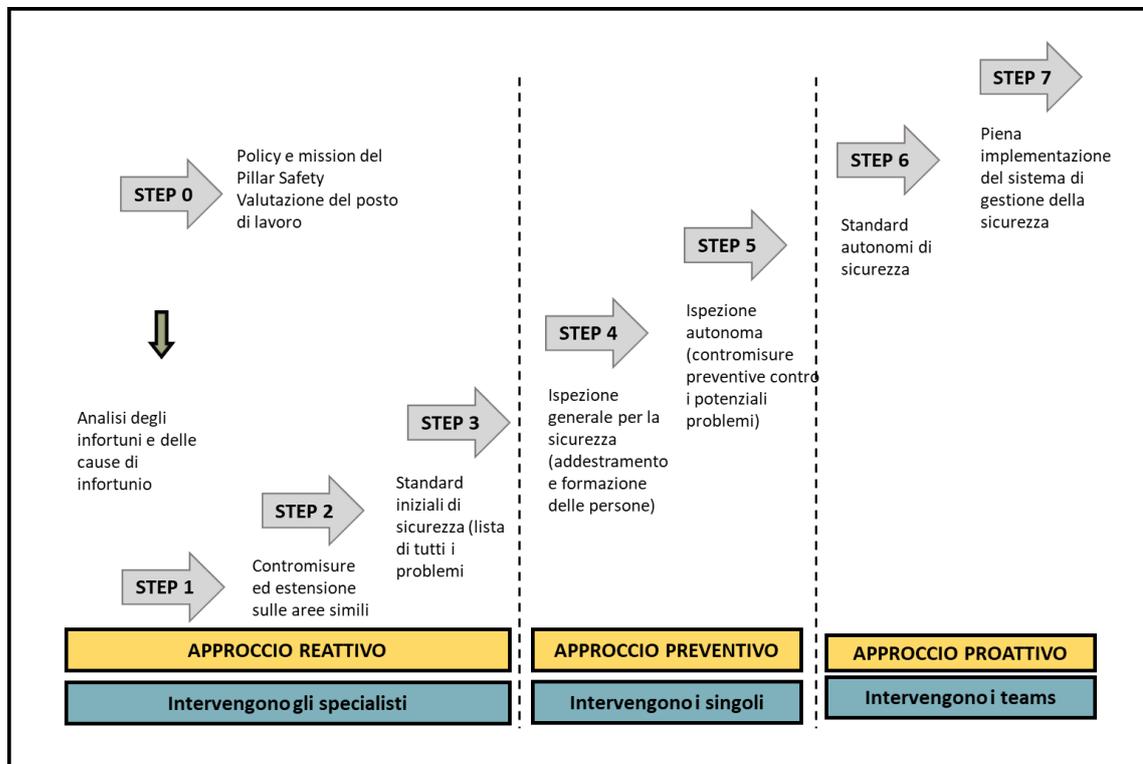


figura 24: i 7 step di Safety. Rielaborazione personale tratta da (Ketter & Massone, 2007)

3.2 Cost Deployment

Affinché la direzione possa applicare un piano di miglioramento efficace che affronti le cause principali delle perdite con massima incisività, applicando i metodi più corretti con il maggior impatto è necessario avere un monitoraggio costante di tutti i costi all'interno dello stabilimento.

Lo scopo principale di questo pilastro è affrontare in modo scientifico e sistematico le principali voci di perdita del sistema logistico di produzione dello stabilimento e quantificare i potenziali benefici economici attesi al fine di dirigere le risorse e l'impegno manageriale verso le attività con il maggior potenziale (FIAT Group Automobiles, 2007). Ciò si può realizzare attraverso, sia uno studio meticoloso di tutte le relazioni tra i fattori di costo, i processi che generano sprechi e perdite e i vari tipi di queste ultime, sia attraverso la ricerca delle connessioni fra la riduzione di sprechi e la corrispondente riduzione di costo.

Il monitoraggio di tutte queste informazioni viene effettuato attraverso la realizzazione di alcune matrici che semplificano il percorso logico da effettuare per trasformare in costi tutte le perdite presenti (Figura 25).

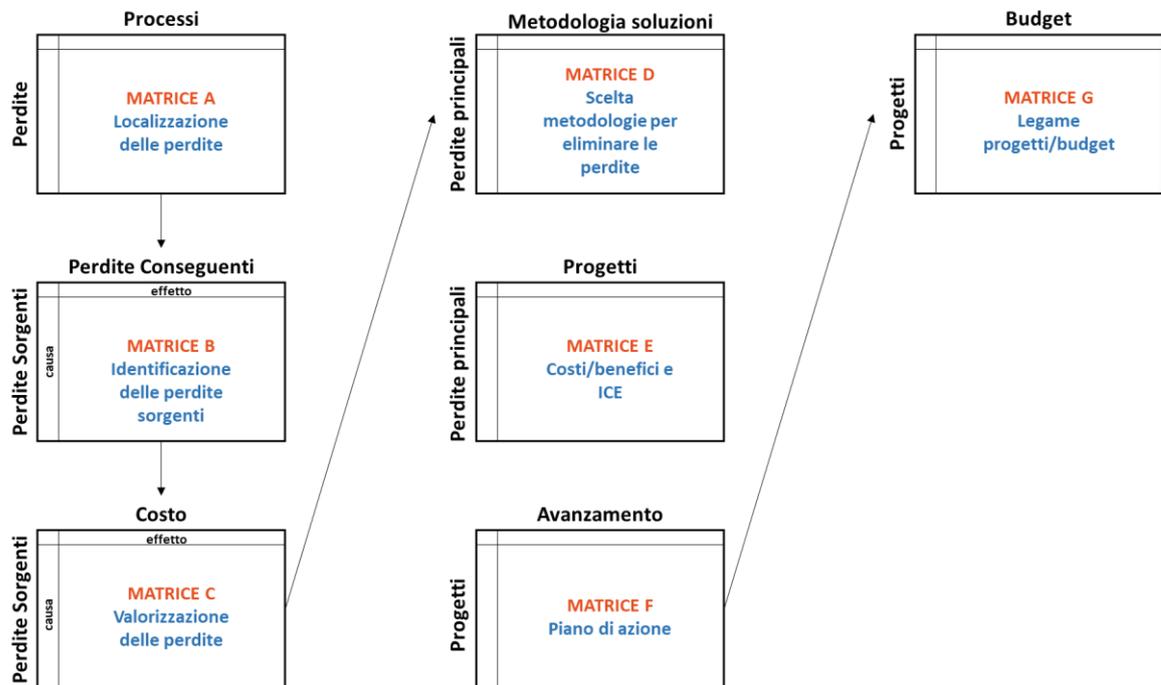


Figura 25: Cost Deployment: percorso logico

Il *Cost Deployment*, inoltre, costituisce la bussola che orienta e guida i progetti di miglioramento continuo, permettendo di focalizzare le aree dove sono allocate le maggiori perdite causali che forniscono le possibilità di maggior efficienza ed efficacia nella riduzione/eliminazione delle perdite, di facilitare la scelta dei metodi e dei pillar tecnici da attivare per la rimozione delle cause di perdita consentendo una maggiore facilità di valutazione dei costi e benefici (Ketter & Massone, 2007). In aggiunta, questo pillar permette di legare le performance operative con quelle economiche e così confrontarle tra loro.

3.2.1 Tipologie di perdite

Nell'impostazione del Cost Deployment si parte con il considerare che, come detto da Ketter e Massone⁵, in un processo produttivo si possono identificare 18 tipi di grandi perdite, raggruppate in termini di impianti, persone e materiali/energia. Le perdite maggiori legate ai macchinari sono viste come perdite impattanti direttamente sull'efficienza dell'impianto (8 perdite) e come perdite di tempo di disponibilità dell'impianto (2 perdite).

⁵ (Ketter & Massone, 2007)

Per visualizzare le perdite legate ai macchinari in modo immediato è utile riferirci all'OEE (Overall Equipment Effectiveness), che permette di visualizzare la struttura delle perdite di un impianto considerando sia l'aspetto gestionale (il tempo effettivo di produzione sul tempo disponibile), sia l'efficienza tecnica (il numero di pezzi prodotti su quello teorico), sia l'aspetto qualitativo (la percentuale di pezzi conformi prodotta).

$$\text{OEE} = \text{disponibilità} \cdot \text{efficienza} \cdot \text{qualità}$$

In generale le perdite che impattano sull'efficienza complessiva dell'impianto sono:

- Perdite che impattano sulla disponibilità tecnica o sul tempo di produzione (come guasti o cambi tipo)
- Perdite che impattano sull'efficienza della prestazione (come le microfermate)
- Perdite che impattano sul tasso di qualità (come le rilavorazioni o gli scarti)
- Perdite che non influiscono sull'OEE (come l'inattività dell'impianto)
- Perdite di gestione (come l'attesa materiali)
- Perdite nei movimenti operativi (NVAA)
- Perdite per organizzazione della linea

3.2.2 Il processo di implementazione

I sette step per la realizzazione del Cost Deployment (mostrati in Figura 26) consistono in:

1. partendo dai costi di trasformazione dello stabilimento, dopo un'attenta analisi della loro composizione, vengono posti dei target al fine di ridurli il più possibile (step 1);
2. si identificano, quindi, sprechi e perdite per ogni processo in modo qualitativo. Questo viene solitamente effettuato mediante l'uso della matrice A – Perdite/Processi (step 2);
3. successivamente ogni perdita causale viene correlata alle sue perdite risultanti attraverso una matrice B - Causali/Risultanti (step 3);
4. tutte le perdite e gli sprechi individuati vengono trasformati in costi. Viene creata una matrice C – Costi/Perdite (step 4);
5. vengono associati ad ogni perdita o spreco i pilastri WCM interessati nel processo di rimozione della causa radice mediante la matrice D – Perdite/Metodi (step 5);
6. a questo punto si stimano i costi per i progetti necessari per la rimozione delle perdite. Per fare ciò viene usata la matrice E – Costi/Benefici (step 6);
7. infine, vengono attuati i piani di miglioramento e vengono raccolti i risultati per effettuare il follow-up (step 7)

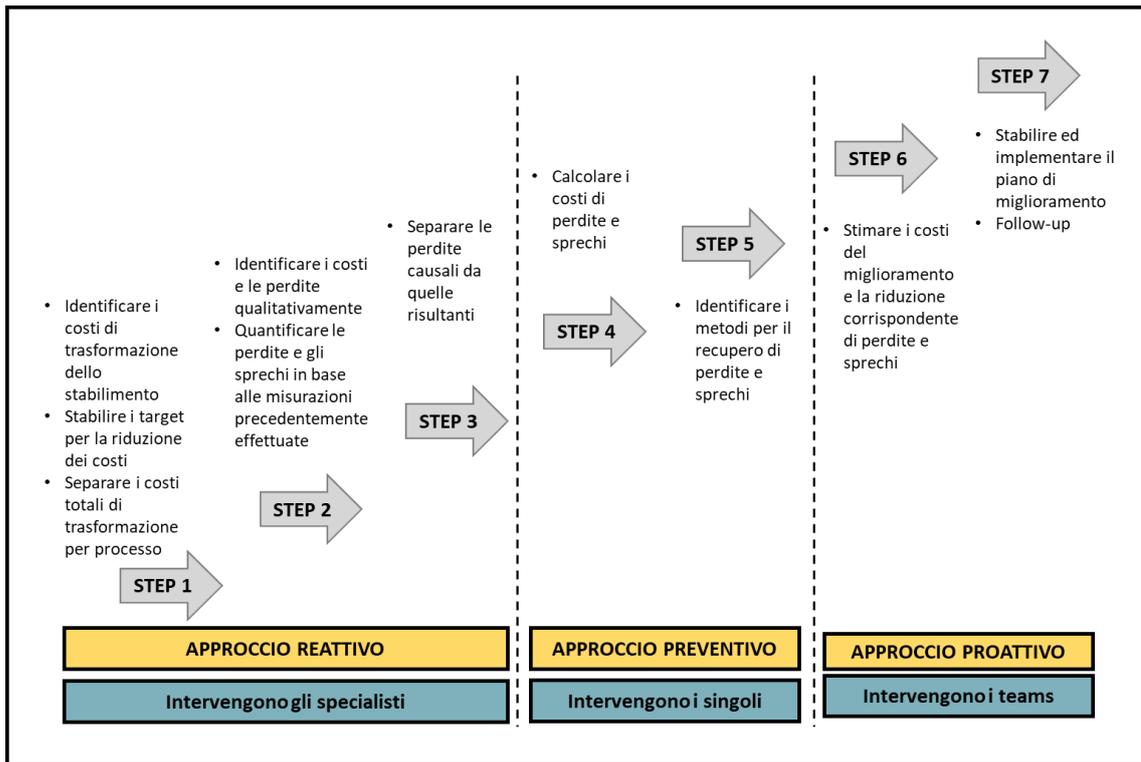


Figura 26: I sette step del Cost Deployment.
Rielaborazione personale tratta da (Ketter & Massone, 2007)

Concluso l'ultimo step, le attività di questo pillar devono ripartire dallo step cinque al fine di andare ad attaccare altre perdite che non erano state evidenziate per mancanza di risorse per esempio.

3.3 Focused Improvement

Il *Focused Improvement* è nato con lo scopo di eliminare i principali sprechi e perdite identificati precedentemente attraverso il Cost Deployment, al fine di evitare di dedicare impegno e risorse a problemi non prioritari e per creare un know how per attaccare ogni perdita specifica.

Il suo scopo è, quindi, sia andare a ridurre drasticamente le principali perdite di produzione, eliminando le inefficienze di processo, sia eliminare le attività non a valore aggiunto per aumentare la competitività dei costi del prodotto. Per fare ciò è necessario, dunque, aver sviluppato competenze professionali specifiche di problem-solving, in particolare è necessario conoscere e saper attuare alla perfezione il ciclo Deming⁶.

⁶ Ciclo di Deming (PDCA)

Come detto questo ciclo utilizza la logica del “miglioramento focalizzato”, ovvero quando si presenta un problema oltre a individuare la soluzione se ne individuano le cause per rimuoverle definitivamente.

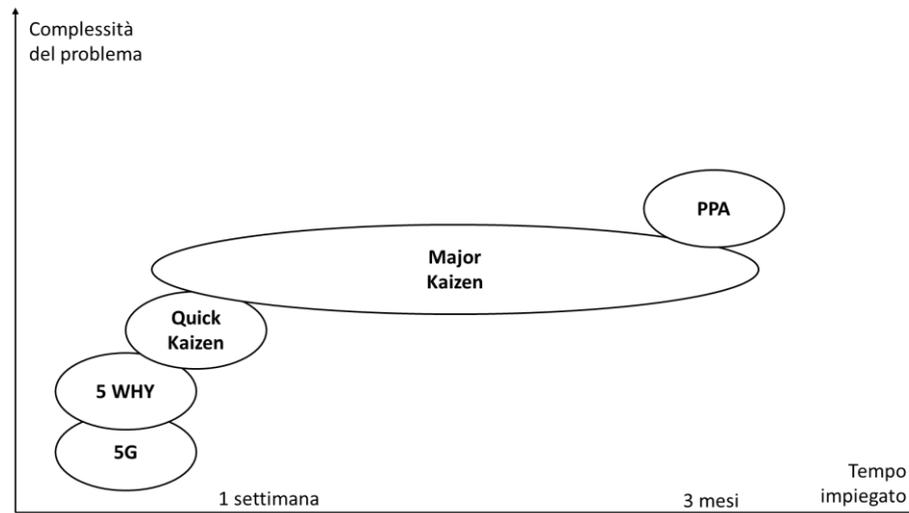


Figura 27: Gerarchia degli strumenti di problem solving per il Focused Improvement

3.3.1 Le tipologie di perdite

Tipicamente le perdite possono essere fenomeni ricorrenti o sporadici (Figura 28). Questa ultima tipologia di perdita non è detto che sia la più facile da risolvere, ma una volta fatto si ritorna nelle condizioni iniziali o standard, che possono non essere quelle ottimali.

Le perdite croniche, invece, sono tendenzialmente più difficili da individuare perché le cause sono nascoste o interconnesse tra loro. Inoltre, questa tipologia di perdita se prese singolarmente sono di entità trascurabile, ma si presentano frequentemente. Grazie a queste caratteristiche sono facilmente ripristinabili dagli operatori e rischiano molto spesso di essere ignorate per molto tempo prima di essere risolte.

Sia i fenomeni sporadici sia quelli cronici possono essere attaccati attraverso strumenti, alcuni già visti in precedenza, come il 5 G (Gemba, Gembutsu, Genjitsu, Genri, Gensoku), 5 WHY, Quick Kaizen, Standard Kaizen, Major Kaizen e Advanced Kaizen.

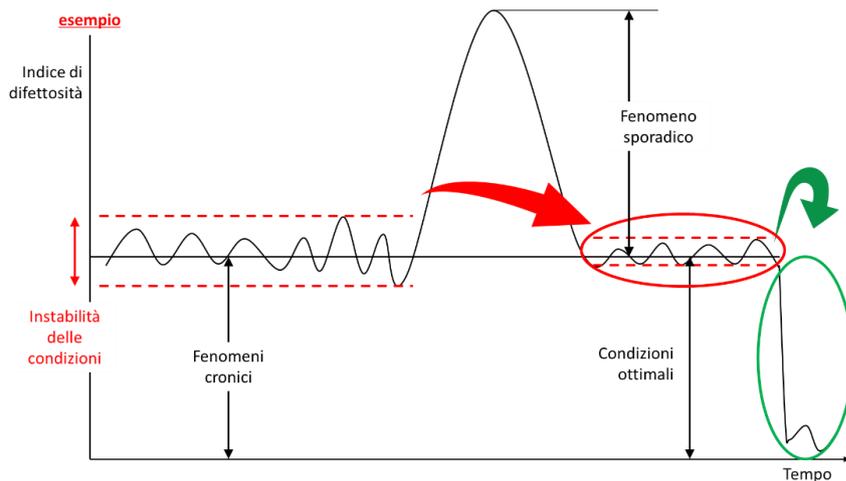


Figura 28: Fenomeni di perdita sporadici e cronici (elaborazione personale)

3.3.1.1 Quick Kaizen

Il *Quick Kaizen* è uno strumento di coinvolgimento delle persone nel trovare la soluzione dei problemi e consiste in un efficace mezzo di miglioramento. Può essere usato singolarmente o in gruppo, tipicamente di due persone, e si compone di diverse attività, coincidenti con il ciclo PDCA, già descritto in precedenza. Le evoluzioni di questo metodo sono lo Standard Kaizen, il Major Kaizen e l'Advanced Kaizen e per ognuno di questi variano l'arco temporale di applicazione dello strumento e l'investimento economico nel progetto.

FAB		QUICK KAIZEN / PDCA				Gruppo / UTILE 1	
Stabilimento:		L'isola produttiva				Impianto	
Tema:						Esecuzione	
Categoria: ES		<input type="checkbox"/> Sicurezza <input type="checkbox"/> WO (Organizzazione del Posto di Lavoro) <input type="checkbox"/> AM (Manutenzione Ausiliaria) <input type="checkbox"/> PM (Manutenzione Professionale) <input type="checkbox"/> CK (Controllo Qualità) <input type="checkbox"/> LUNCS (Logistica/Service al Cliente) <input type="checkbox"/> PL (Sviluppo delle Persone) <input type="checkbox"/> (Artisanato) <input type="checkbox"/> EDV (Gestione Aziendale degli Impianti) <input type="checkbox"/> ERM (Gestione Ambientale del Prodotto)				Simbolo costi:	
PLAN		ERRORE PASSAGGIO DELLA BRIGLIA PERCHESIA SU MONTANTE POSTI. VEICOLI FURGOINI CAUSA IL MOMENTO COLLEGAMENTO AL FANALE -				DO	
ACT		CHECK					
LA MODIFICA È STATA ESEGUITA SU TUTTI E TRE I TURNI -		CON IL NUOVO PASSAGGIO DELLA BRIGLIA SU 2° FORO INFERIORE. NON SI SONO RISCOPERTI CASI ANOMALI.					
Autore di miglioramento:	Data:	Esecutore	Data realizzazione	Costi (€)	Benefici (€)	Risparmi (€)	Benefici / Costi
	15/05/07						Verifica

Figura 29: Applicazione del Quick Kaizen a un progetto di miglioramento

3.3.2 Il processo di implementazione

Come riportato da *Ketter & Massone*⁷, il Focused Improvement si compone di sette passi (Figura 30):

- gli step 1 e 2 equivalgono alla fase *Plan* del ciclo Deming, e hanno quindi lo scopo di individuare le perdite più problematiche. Per questa ragione devono integrarsi al *Cost Deployment*.
- gli step 3, 4, 5 consistono nella fase *Do* del PDCA ovvero nella selezione dei problemi su cui intervenire, nella definizione di chi deve intervenire e nella identificazione degli strumenti adatti alla soluzione del problema.
- lo step 6, paragonabile alla fase *Check*, va ad effettuare un'analisi costi/benefici per verificare la correttezza della soluzione implementata.
- l'ultimo step, *Act*, ha l'obiettivo di consolidare ed espandere anche alle altre aree la soluzione trovata.

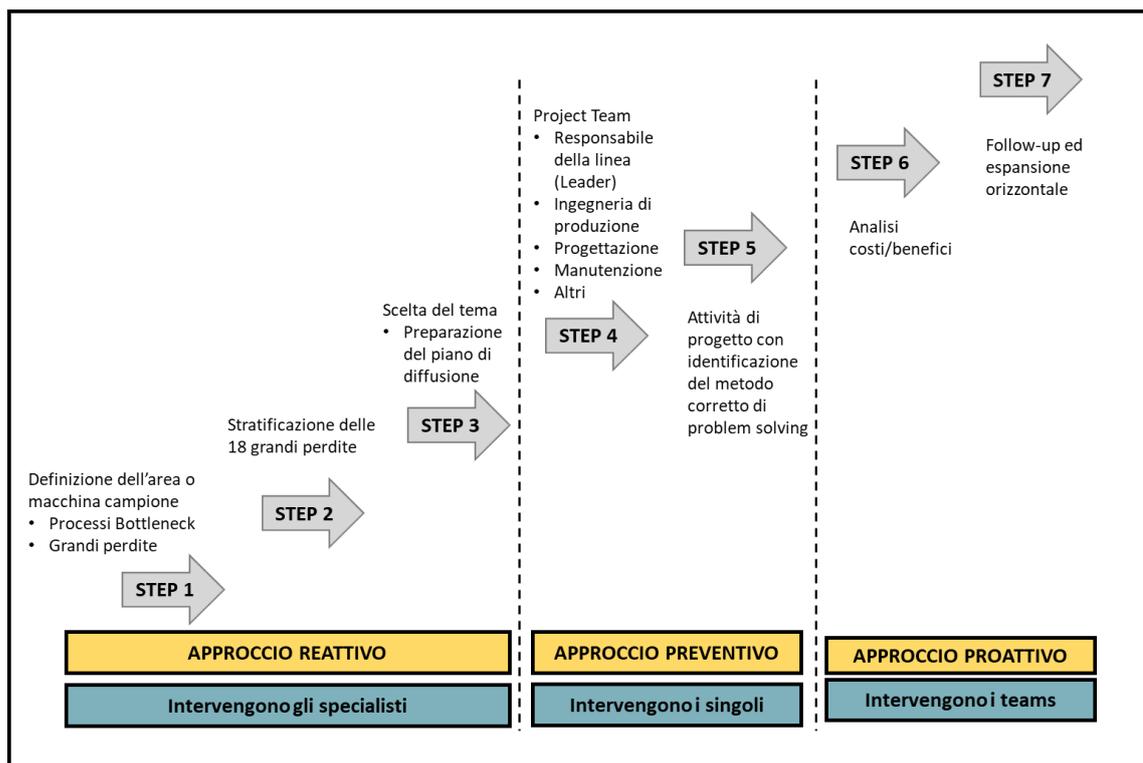


Figura 30: I sette step del Focused Improvement

⁷ (Ketter & Massone, 2007)

3.4 Autonomous Activities

Esistono due tipologie di attività autonome: quelle ad alta intensità di attività manuali e quelle riferite alle aree ad intensità macchine. Le attività riferite agli impianti sono chiamate *Manutenzione Autonoma*, mentre quelle inerenti al lavoro sono definite *Organizzazione del Posto di Lavoro*.

3.4.1 Autonomous Maintenance

La manutenzione autonoma viene solitamente applicata sia perché le attrezzature sono spesso in condizioni deteriorate, sia perché l'efficienza delle macchine non è conforme agli obiettivi. Il suo scopo è quello di migliorare l'efficienza globale del sistema produttivo andando a fermare il deterioramento accelerato e ripristinare e mantenere le condizioni di base, coinvolgendo le persone e migliorando la conoscenza dei prodotti e delle attrezzature. Attraverso la manutenzione, inoltre, si aspetta un notevole miglioramento dell'efficienza complessiva delle attrezzature (OEE) e della qualità del prodotto nonché l'estensione della vita utile dell'attrezzatura e un miglioramento del clima, della motivazione e della proattività delle persone all'interno dello stabilimento.

Nonostante, fino al terzo step, la manutenzione autonoma e quella professionale siano entrambe attività di manutenzione preventiva periodica, è sempre bene separare le attività, i gruppi di lavoro e gli standard di manutenzione autonoma da quelli di manutenzione professionale (Ketter & Massone, 2007).

3.4.1.1 Le cause di guasto

I motivi per i quali i macchinari possono subire dei guasti sono principalmente il deterioramento dei componenti, l'aumento di stress a cui sono sottoposte o la perdita delle loro condizioni di base. Inoltre, possono guastarsi a causa di un errore umano o per errori di progettazione (FIAT Group Automobili, 2007).

Il *deterioramento* è un fenomeno che avviene col tempo ed è causato da una manutenzione eseguita malamente o da una mancanza di competenze degli operatori, e quindi non permette il mantenimento delle condizioni di base degli impianti.

L'aumento dello stress, invece, è causato da errori nello svolgimento delle operazioni o dal cattivo rispetto delle condizioni operative.

La scarsa robustezza del macchinario, infine, è dovuta a errori o debolezze di progettazione della macchina o del componente o di errori nella produzione o nell'installazione (Ketter & Massone, 2007).

Per assicurare il mantenimento delle condizioni di base, ed evitare quindi il deterioramento dei componenti, occorre realizzare un'adeguata manutenzione preventiva. Per evitare gli errori degli operatori, invece, è necessaria un'adeguata formazione. Infine, per gli errori di progettazione si deve intervenire con le attività del dipartimento *Early Equipment Management*.

3.4.1.2 Il processo di implementazione

I sette step della Manutenzione Autonoma sono:

- Riportare gli impianti in condizioni di base (step 1);
- Individuare le sorgenti di contaminazione e realizzazione delle contromisure (step 2);
- Prevenire il deterioramento ottimizzando gli standard di manutenzione (step 3);
- Individuare le condizioni per la realizzazione di un prodotto di qualità e migliorare l'attuale standard (step 4 e 5);
- Permettere l'interiorizzazione delle nuove regole e modalità alle persone in modo tale che possano replicare le attività di manutenzione in autonomia (step 6 e 7).

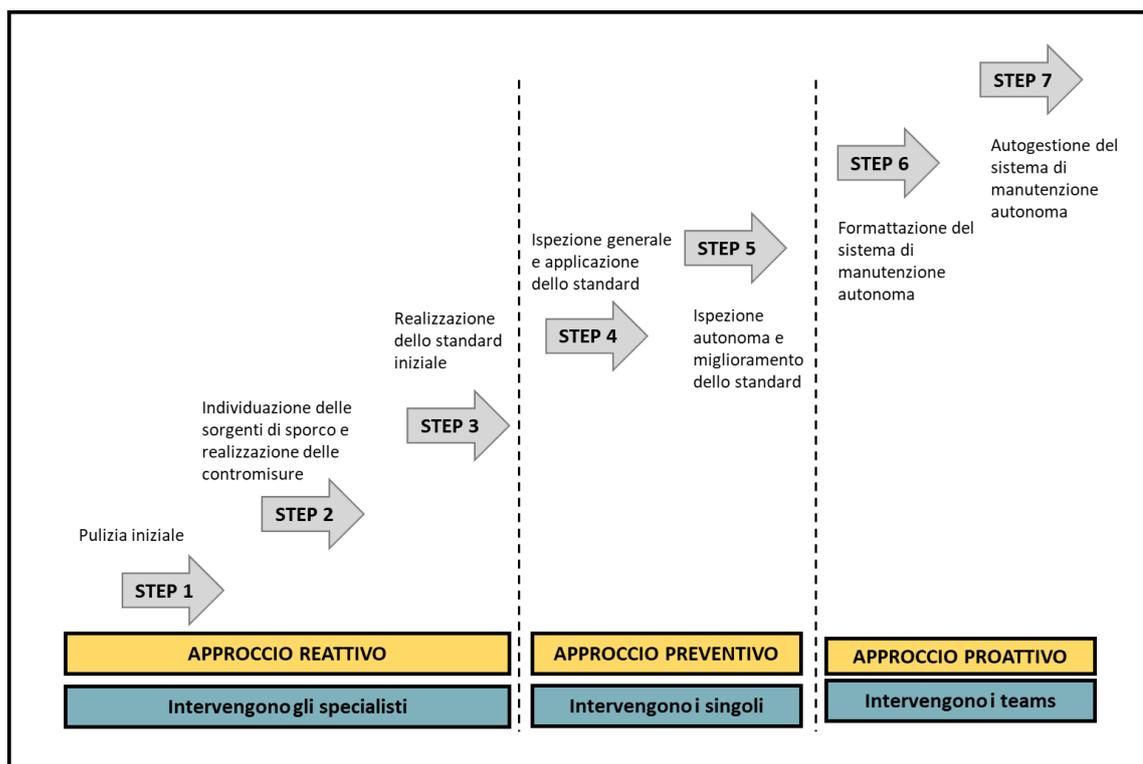


Figura 31: I sette step della Manutenzione Autonoma

3.4.2 Workplace Organization

L'organizzazione del posto di lavoro viene principalmente utilizzata perché i luoghi di lavoro, i materiali e le attrezzature sono spesso declassati, sporchi e disordinati e perché, spesso, si ottiene un prodotto di buona qualità solamente dopo troppe ispezioni e rilavorazioni. Lo scopo, della *Workplace Organization* è quindi quello di migliorare l'efficienza e la produttività dell'impianto andando a ripristinare e mantenere le condizioni di base, eliminando le attività non a valore aggiunto, coinvolgendo degli operatori e migliorando la conoscenza del prodotto e delle attrezzature.

Nelle aree di lavoro è necessaria la creazione di standard che permettano di omogeneizzare i comportamenti degli operatori al fine di garantire la ripetibilità del processo.

Con questo pillar, dunque, si punta ad eliminare le perdite di manodopera e di materiale attraverso il miglioramento della qualità del prodotto. Per poterlo conseguire è necessaria, perciò, l'applicazione di un processo robusto e a prova di errore che permetta il miglioramento della produttività e la riduzione dei costi di processo, una migliore ergonomia e maggiore sicurezza sul lavoro nonché il miglioramento del clima, della motivazione e della proattività.

Il raggiungimento di questi obiettivi viene misurato mediante il monitoraggio dei KPI di stabilimento⁸:

- Per la sicurezza si esamina l'indice di frequenza degli infortuni;
- Per la qualità i rispettivi indicatori, come delibere di tratto, ICP, TOC, costi di garanzia, etc.
- Per la produttività si deve tenere conto di perdite e scarti, efficienza della linea, pezzi/giorno, costi orari;
- Per il livello di servizio si monitora la percentuale di PO realizzato, la SSAR e la STAR;

3.4.2.1 Eliminazione MURI, MURA, MUDA

Come previamente detto, l'analisi del posto di lavoro si focalizza sulle operazioni che vengono svolte in quella determinata postazione ed ha lo scopo di identificare ogni movimento che possa creare delle conseguenze negative in termini di qualità, di costi e di sicurezza. Questi movimenti possono essere divisi in tre categorie, che vengono identificati dalle parole giapponesi *Muri*, *Mura* e *Muda* (già analizzate nel paragrafo relativo al Total Industrial Engineering).

Come già in parte trattato nel Capitolo 1, per Muri si intendono tutte le azioni difficili o innaturali che generano fatica nell'operatore e perciò vanno analizzate attraverso l'ergonomia;

⁸ (Ketter & Massone, 2007)

per Mura, invece, si intendono i movimenti non regolari che possono avere una conseguenza sulla qualità del prodotto finito e tipicamente questi movimenti sono causati da alcuni fattori che impediscono il corretto svolgimento del regolare ciclo di lavoro. Per eliminarli è necessaria per prima cosa un'attenta osservazione e in secondo luogo l'introduzione di operazioni standardizzate.

Con il termine Muda, infine, si catalogano tutte le operazioni a non valore aggiunto, e sono quelle che vanno eliminate. È possibile individuare sette categorie di NVAA:

- Sovrapproduzione
- Tempo di attesa
- Trasporto
- Spreco causato dalla lavorazione
- Scorte
- Movimenti inutili
- Prodotti difettosi

Per eliminare questi "sprechi", si possono effettuare sette step che permettono di ottimizzare l'esecuzione delle operazioni, di migliorare le operazioni irregolari, di eliminare le operazioni NVA, di riorganizzare il processo e di introdurre l'automazione.

Come possiamo vedere dalla Figura 32, dopo aver effettuato la pulizia dell'ambiente di lavoro vanno stabilite le condizioni di base delle postazioni, creando una Golden Zone, nella quale l'operatore possiede tutto a disposizione e non deve eseguire movimenti inutili (step 1, 2, 3). Vanno quindi definite le condizioni di uso delle nuove postazioni e i metodi di lavoro da applicare (step 4) e successivamente vanno definite le modalità di rifornimento dei materiali e come questi vadano collocati a bordo linea (step 5, 6, 7).

I primi tre passi sono fondamentali, in quanto permettono di cambiare radicalmente le postazioni di lavoro. Si passa infatti dal disordine e dallo sporco ad una situazione più sicura, efficiente e di maggior qualità. Il quarto passo è anch'esso importantissimo, in quanto serve a cambiare i modi delle persone: senza questo step gli altri sarebbero inutili in quanto sono proprio gli operatori che devono possedere le capacità di eseguire in autonomia le attività di mantenimento delle condizioni di base della postazione di lavoro di loro competenza. Gli step dal quinto al settimo servono sostanzialmente per consolidare il cambiamento nella gestione delle attività degli operatori.

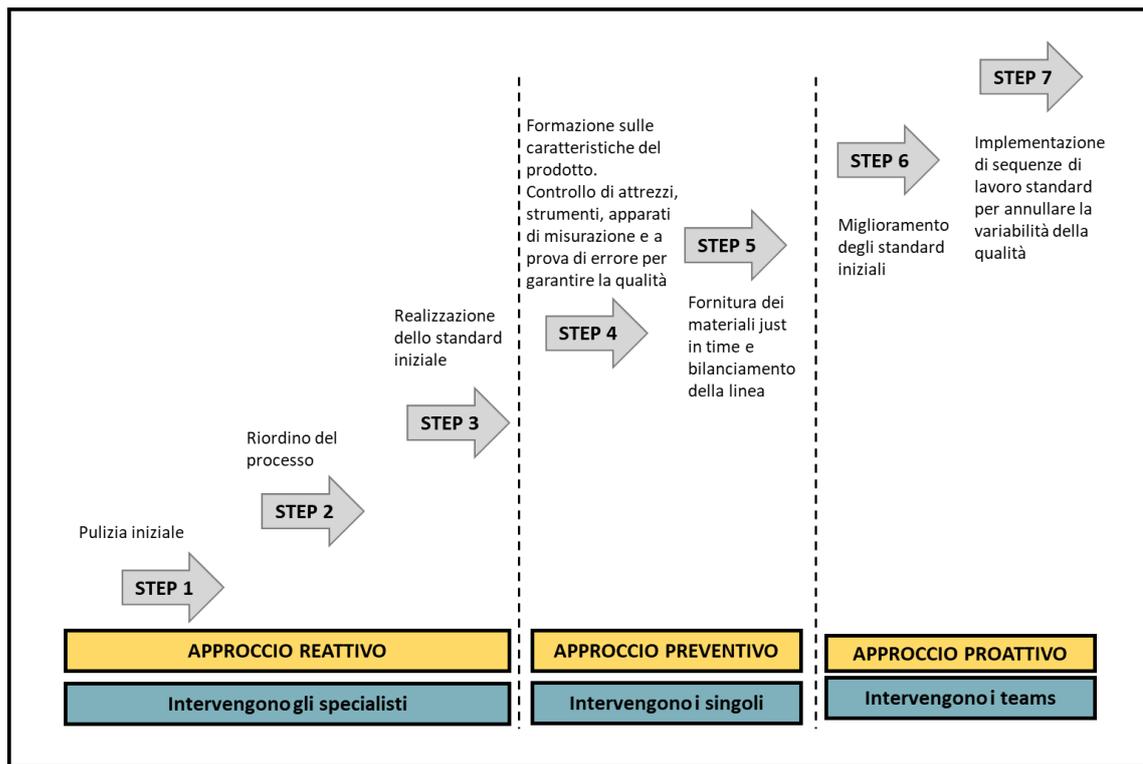


Figura 32: I sette step di Workplace Organization

3.5 Professional Maintenance

Questo pilastro tecnico racchiude tutte le attività volte a ridurre l'alto numero di guasti, aumentare l'efficienza delle macchine (aumentare il MTBF - ridurre il MTTR) migliorando le competenze di manutenzione e facilitare la cooperazione tra gli operatori e il personale di manutenzione al fine di raggiungere gli obiettivi di Manutenzione Autonoma.

Applicando questi concetti, inoltre, si crea un piano di manutenzione preventiva aumentando la percentuale di manutenzione programmata e soprattutto aumenta la motivazione e crescita professionale del personale di manutenzione, migliorando la cooperazione di quest'ultimi con gli operatori.

Come riportato da Ketter & Massone⁹, il processo di miglioramento continuo a livello operativo funziona come segue:

- Attraverso il Cost Deployment si individuano le perdite maggiori in ogni processo e in ogni UTE e si individua quella con le perdite maggiori.

⁹ (Ketter & Massone, 2007)

- Si considera quindi l'area scelta come modello per le attività di miglioramento e si va ad attaccare la perdita trovata con le attività precedentemente viste nel pilastro *Focused Improvement*.
- Una volta identificata la soluzione del problema che scatenava la perdita, si consolida la conoscenza effettuando una One Point Lesson.
- Si effettuano nell'area modello i cantieri di AM e PM.

3.5.1 Tipologie e strategie di manutenzione

La manutenzione interviene in due casi: o per riparare un guasto improvviso, e quindi non viene pianificata, o perché è stato pianificato un intervento sul macchinario in questione. Quest'ultimo caso, come desumibile dalla Figura 33, può essere una manutenzione preventiva, ovvero basata sulla previsione delle future condizioni della macchina, oppure correttiva, per permettere di aumentare l'affidabilità dell'impianto ad allungarne il ciclo vita.

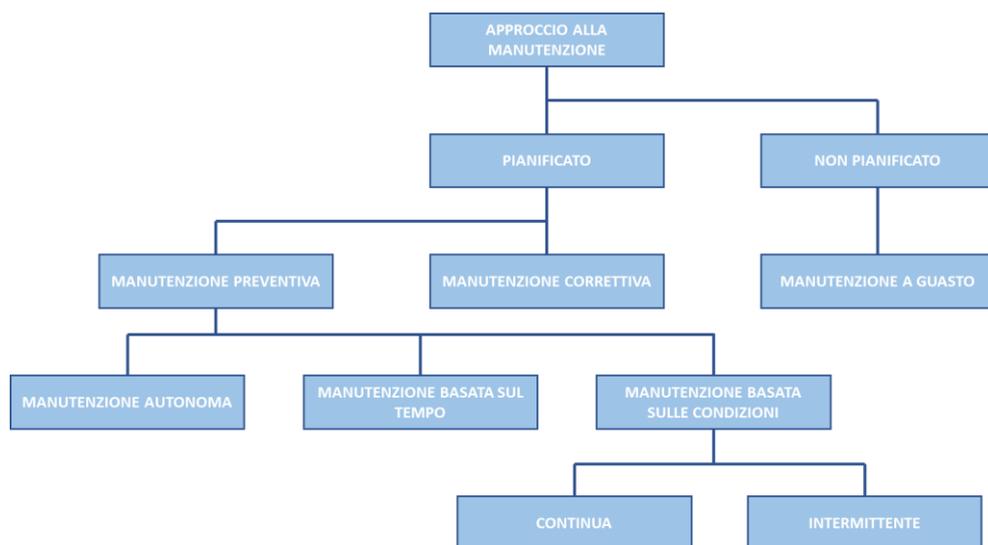


Figura 33: Tipologie di manutenzione (rielaborazione personale tratta da Ketter & Massone)

Al fine di realizzare una più efficace manutenzione, occorre conoscere i differenti tipi di manutenzione - migliorativa, predittiva, ciclica, a guasto e manutenzione di base - ed applicarne un mix a seconda delle caratteristiche del contesto organizzativo.

Nei casi in cui gli impianti non risultano essere essenziali in quanto è presente una forte manodopera, il mix migliore è lo svolgimento di una manutenzione autonoma di base (pulizia, lubrificazione, ispezione, ecc.) unita ad una a guasto. In presenza, invece, di un'organizzazione in cui gli impianti sono essenziali, il mix tendente all'ottimo sarebbe quello composto da una manutenzione di base abbinata ad una predittiva, periodica e correttiva, senza quindi manutenzione a guasto (Ketter & Massone, 2007).

3.5.2 Il processo di implementazione

Come di consueto, anche il percorso di implementazione della *Professional Maintenance* consta, come ribadito nel manuale FAPS¹⁰, di sette passaggi (Figura 34):

- I primi tre passi vengono effettuati al fine di stabilizzare il MTBF (tempo medio tra i guasti) andando ad eliminare il degrado accelerato inserendo una buona manutenzione preventiva. È importante che al termine del terzo step i guasti sulla macchina presa a modello siano portati a zero.
- Il quarto e il sesto step hanno l'obiettivo di allungare il ciclo vita dei macchinari, attraverso una manutenzione correttiva e predittiva.
- Il quinto passo serve per andare ad attaccare il deterioramento in modo periodico attraverso l'introduzione di un sistema di manutenzione preventiva.
- L'ultimo passaggio è utile per consolidare il nuovo sistema di manutenzione, per poterlo gestire al meglio e valutarlo.

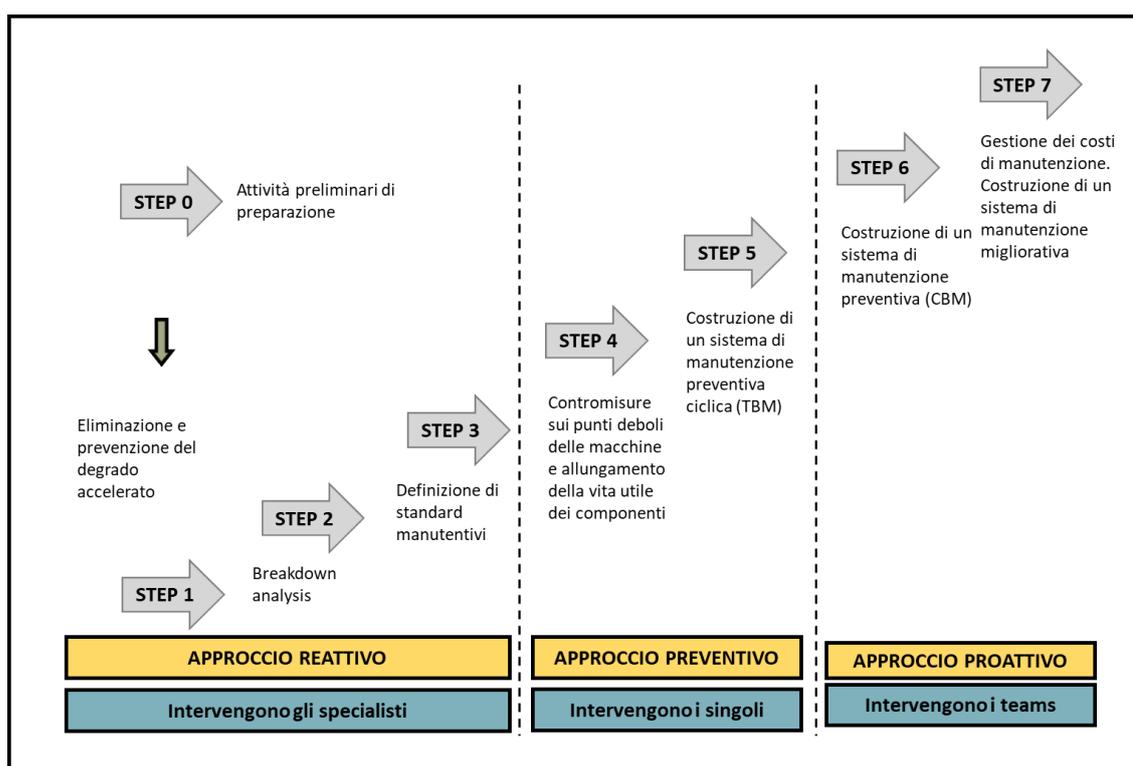


Figura 34: Il percorso in sette passi della Manutenzione Professionale

¹⁰ (FIAT Group Automobiles, 2007)

3.6 Quality Control

Il *Quality Control* viene implementato per verificare che le richieste del cliente vengano rispettate appieno prima che i prodotti vengano consegnati. Inoltre, avere un controllo qualità permette di mantenere le specifiche di produzione definite per garantire la conformità nel tempo e di migliorare le conoscenze di problem-solving degli operatori.

La qualità viene costituita durante tutto il processo e non soltanto controllando il prodotto finito. I prodotti ottimali sono ottenuti, infatti, solo dopo la messa a punto di un "metodo di lavoro" adeguato (Ketter & Massone, 2007). A valle di ciascun processo produttivo, l'output deve essere esaminato e il processo va standardizzato. In caso in cui il processo non fosse adeguato, vanno analizzate le cause radice e verificare costantemente che le contromisure attuate siano corrette.

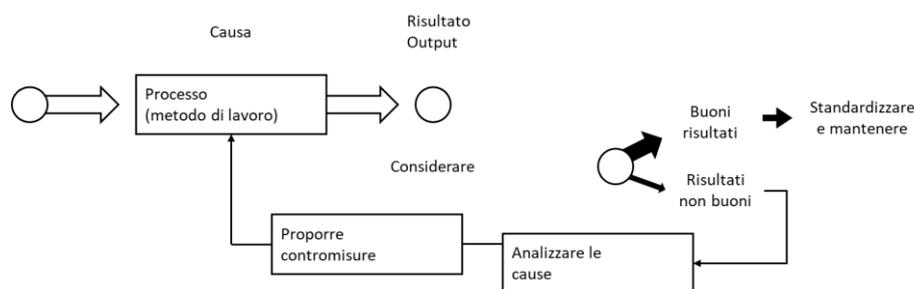


Figura 35: Il controllo del processo

Allo stesso modo in cui il Cost Deployment è lo strumento cardine per l'individuazione delle perdite, la QA Matrix è quello che permette di identificare i difetti più gravi. Come precedentemente detto nel paragrafo a lei dedicato, questa matrice ha lo scopo di mappare il difetto sul processo, identificando in che momento si verifica ed attribuendogli la "M" (Machine, Man, Material, Method) più pertinente. Da queste correlazioni nascono una serie di caratteristiche relative al processo necessarie per evitare le anomalie.

3.6.1 Approcci e principi

Il *Quality Control* ha come principio chiave "fare le cose bene al primo tentativo". Per ottenere questa caratteristica bisogna considerare la qualità al di sopra di ogni cosa al fine di garantire che i prodotti siano nelle specifiche richieste e soprattutto va considerato come se ogni stazione di lavoro fosse il "cliente finale" di quella precedente.

In questo pillar, esattamente come nel *Cost Deployment*, si ha un approccio incentrato sul metodo Deming (PDCA), anch'esso già ampiamente esposto precedentemente ed inoltre si

applica il *controllo della dispersione*. Dal momento che i dati sono spesso dispersi intorno ad un valore occorre capire da cosa è causata e mantenerla entro i limiti accettabili. Le carte di controllo, quindi, giocano un ruolo fondamentale tanto quanto la standardizzazione. Con quest'ultimo concetto, infatti, ci si assicura che le procedure siano appropriate, le priorità chiare e i termini specifici e concreti. Le Procedure Operative Standard, meglio note come SOP, sono perciò fondamentali sia a livello di qualità, sia di materiali sia dal punto di vista delle persone.

Precedentemente si è detto che attraverso la QA Matrix si identificano per ogni postazione i fattori che possono influenzare la qualità del prodotto, ovvero il materiale, il metodo, la manodopera e il macchinario. Tra questi, particolare attenzione va data al fattore manodopera. Per evitare questo genere di errori, infatti, bisogna capirne bene le cause e impedire che si possano ripetere. L'errore dell'uomo può dipendere o dalle capacità professionali, sia quando l'operatore possiede troppa confidenza con il processo sia quando non possiede le capacità necessarie per svolgerlo, oppure dalle cattive abitudini instaurate nel corso del tempo o da una mancata attenzione causa problemi di salute, stress, assenza mentale etc....

3.6.2 Il processo di implementazione

Il processo di implementazione del *Quality Control*, articolato in sette step (Figura 36), parte come detto dall'analisi dei problemi del posto di lavoro, ordinati per importanza e si evolve con l'identificazione della "M" più adeguata a definire la causa del difetto riscontrato.

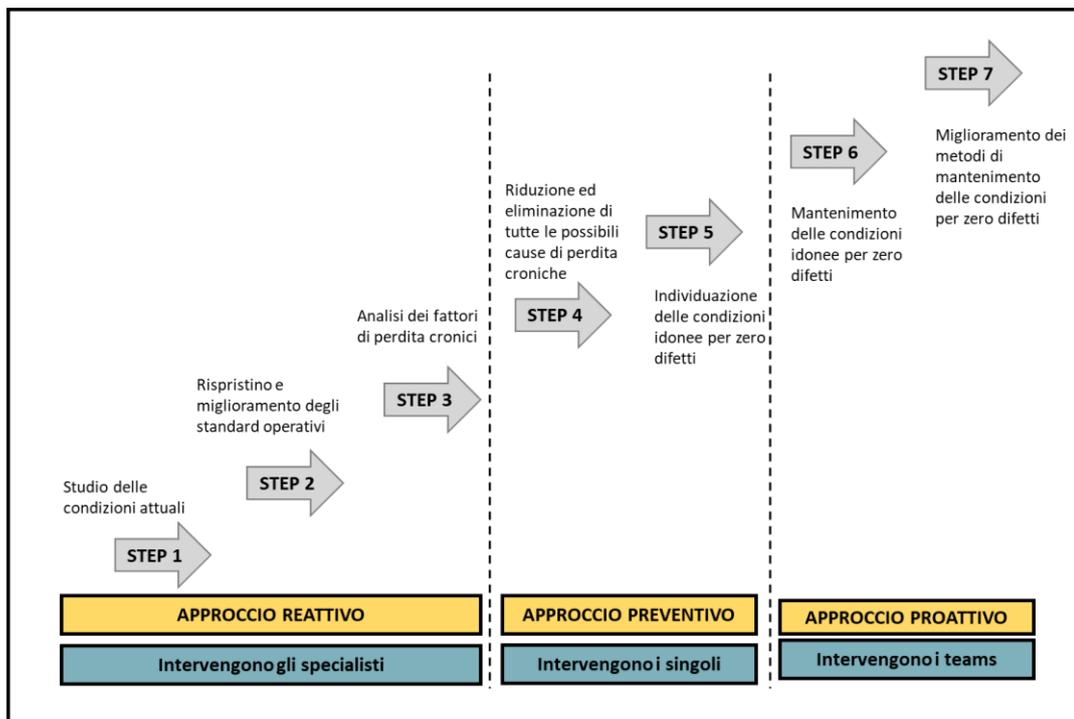


Figura 36: I sette step del Controllo di Qualità

3.7 Logistica

Al fine di ridurre gli oneri finanziari legati alle scorte elevate di materiale presso lo stabilimento e di riprogrammare la produzione velocemente per sopperire alla mancanza dei materiali è necessario avere un'ottima logistica.

Il suo scopo principale è sia quello di stabilire le migliori condizioni JIT all'interno dello stabilimento e con i fornitori, sia ridurre considerevolmente i livelli di stock, livellare i volumi e il mix di produzione e migliorare la saturazione della linea, sia minimizzare la movimentazione interna, anche con consegne dirette dei fornitori alle linee di montaggio ed infine integrare le reti di vendita, la produzione e gli acquisti.

Tutto questo può essere possibile solo attraverso l'applicazione delle Value Stream Map per identificare perdite e opportunità, il miglioramento della logistica interna ed esterna, la riprogettazione dei sistemi di imballaggio e l'implementazione dei principali metodi di movimentazione dei materiali (JIT sincrono, Kanban, sistema a due bidoni, FIFO, trasporto esterno condiviso, ecc.)

Da teoria, la logistica è "l'insieme dei flussi informativi e dei flussi fisici dei materiali che consentono di soddisfare il cliente facendo arrivare i componenti giusti, nel posto giusto, al momento giusto, nella giusta quantità e con la giusta qualità"¹¹. Se viene intesa in questo modo, si può capire che è una disciplina molto più ampia della mera gestione dei materiali, dei trasporti e dei magazzini.

Questo pillar, come si può vedere in Figura 37, coinvolge principalmente tre processi diversi dell'azienda: il processo commerciale e vendite, quello manufacturing e quello dedicato all'acquisto e distribuzione dei componenti (Ketter & Massone, 2007).

¹¹ (Council of Supply Chain Management Professionals, 2021)

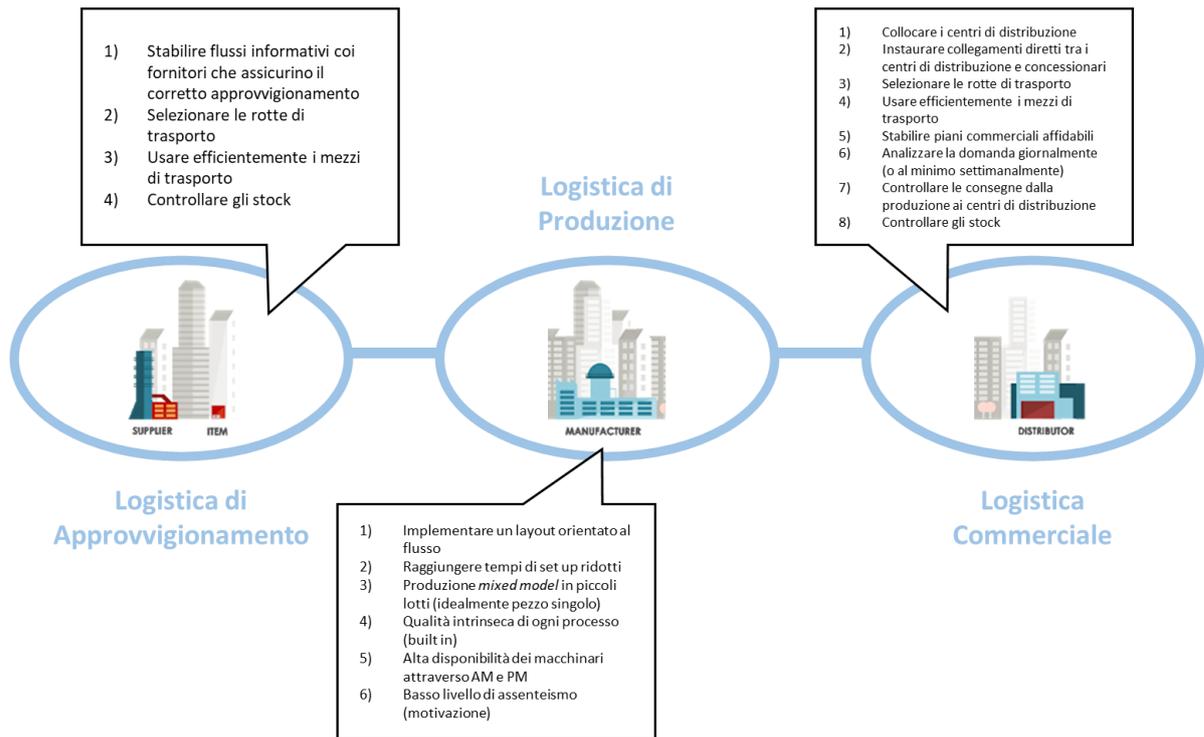


Figura 37: Le aree fondamentali della logistica

La logistica *commerciale* si occupa di:

- individuare il corretto posizionamento dei centri di distribuzione del prodotto finale per permettere un migliore collegamento con il punto vendita
- identificare e organizzare il più efficacemente possibile il trasporto dei materiali
- analizzare le richieste di mercato elaborando il piano di vendita

La logistica di *produzione* si occupa di:

- definire il flusso di materiale da produrre in armonia con il resto del sistema produttivo
- one piece flow ed elevato mix produttivo
- alta disponibilità di macchinari
- basso livello di assenteismo

La logistica di *approvvigionamento*, invece, si occupa di:

- flussi dei componenti verso i fornitori
- individuazione di strade e mezzi di trasporto efficienti
- gestione dei magazzini

3.7.1 Principi, obiettivi

I pillar della logistica segue tre principi chiave:

1. Sincronizzare la produzione e la vendita al fine di produrre ciò che serve nella quantità giusta al tempo giusto
2. Ridurre al minimo l'inventario andando a creare un flusso continuo di materiale
3. Ridurre al minimo lo spostamento delle merci, in quanto aumenta i costi e non crea valore aggiunto

A questi tre principi si affiancano gli obiettivi:

1. Ridurre il più possibile i tempi di consegna per aumentare la soddisfazione del cliente
2. Ridurre il capitale investito in WIP (Work In Progress) aumentando la produzione del sistema e riducendo i movimenti
3. Ottimizzare gli spazi per ridurre i costi di spostamento dei materiali

Inoltre, attraverso il Cost Deployment si possono individuare molti sprechi derivanti dalle scelte errate prese dal dipartimento di logistica. Questi possono essere classificati in diciotto categorie principali, nove riferiti alla gestione delle merci e nove riferite al flusso dei materiali. Tutte queste 18 perdite possono inoltre essere riconducibili a quattro fattori:

- Perdite di materiale, come per esempio le perdite legate al troppo *safety stock* oppure legate ai metodi di produzione non adeguati
- Perdite di manodopera, individuabili con il *manufactory index*, ovvero il rapporto tra le ore di lavoro effettive e le ore di lavoro necessarie
- Perdite di spazio, come ad esempio quelle legate al troppo spazio disponibile a magazzino
- Perdite causa attrezzatura di movimentazione, come per esempio l'eccesso dei mezzi o l'errata organizzazione di questi

3.7.2 Il processo di implementazione

Concordemente agli altri pillar, anche il percorso per il *World Class* della *Logistica* si compone di sette step. I primi tre servono per perfezionare il flusso dei materiali all'interno dello stabilimento attraverso un re-layout delle linee. Infatti, come detto da *Ketter & Massone*¹², l'obiettivo degli step 1, 2, 3 è principalmente la riduzione del Lead Time, del Set-Up e della dimensione dei lotti, l'eliminazione dei movimenti inutili dei materiali e degli altri sprechi logistici, la pulizia e il riordino degli ambienti e dei materiali, sempre da gestire con logica FIFO (First In First Out).

I passi 4 e 5, invece, hanno lo scopo di omogeneizzare il flusso sincronizzando e livellando tutta la produzione di modo tale che ogni singolo reparto produca solamente ciò che serve a quello

¹² (Ketter & Massone, 2007)

successivo e che abbia il materiale da lavorare solo nel momento esatto in cui deve farlo, né prima né dopo, in ottica Just In Time.

Gli step 6 e 7 consistono nella sincronizzazione completa tra vendite, produzione e approvvigionamento adottando una sequenza basata su una programmazione della produzione su tempi prefissati.

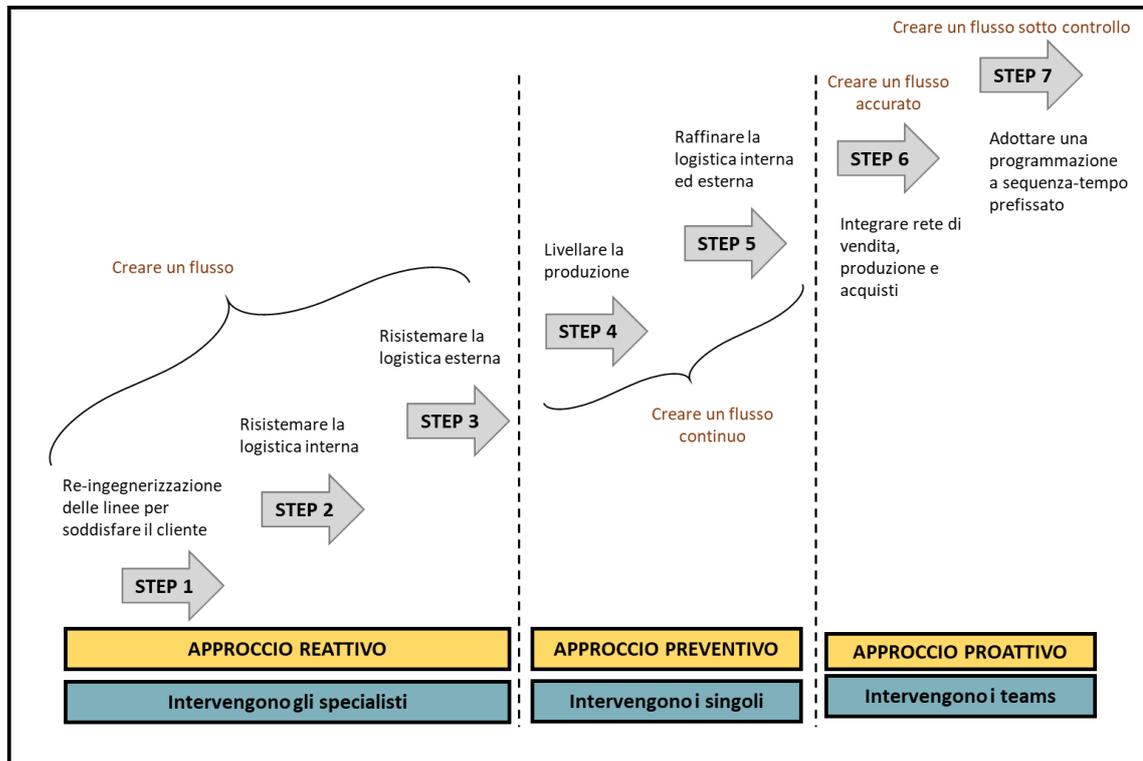


Figura 38: I sette step della Logistica

3.8 Early Equipment Management

Il pillar *Early Equipment Management* ha lo scopo di permettere il miglioramento continuo dello stabilimento e dei processi attraverso la messa in atto di progetti riguardanti sia l'inserimento di nuovi macchinari ed equipaggiamenti, sia l'implementazione di modifiche significative dei macchinari esistenti ma anche identificando quali potrebbero essere i cambiamenti significativi all'interno dei processi che potrebbero portare all'incremento del vantaggio competitivo aziendale.

Questo pillar verrà descritto con maggiore dettaglio in quanto, durante il tirocinio effettuato in FPT Industrial, il coinvolgimento in un progetto riguardante l'introduzione di una nuova linea di produzione ha visto la messa in pratica di molti degli strumenti utilizzati da questo dipartimento.

Durante le fasi di progetto, quando si passa dalla fase concettuale alla messa in atto, vengono prese decisioni importanti che hanno un impatto significativo sul ciclo vita dei macchinari. L'EEM ha l'obiettivo di rendere i problemi derivanti da queste decisioni il meno impattanti possibile.

Il pilastro *Early Equipment Management* unisce molte delle lezioni fin qui apprese, risultanti dal miglioramento continuo dovuto all'implementazione degli altri pilastri tecnici del WCM (SAF, FI, AM, WO, PM, QC, LCS, PD, ENV)¹³. Come riportato da Ketter & Massone¹⁴, questo dipartimento, attraverso la raccolta della knowledge sugli impianti, deve andare a costituire una base di conoscenza da cui attingere in modo da poter risolvere i vari problemi che si verificano in anticipo, prima dell'avviamento in produzione e di accorciare al minimo il periodo di avviamento, verticalizzando così la curva della salita produttiva.

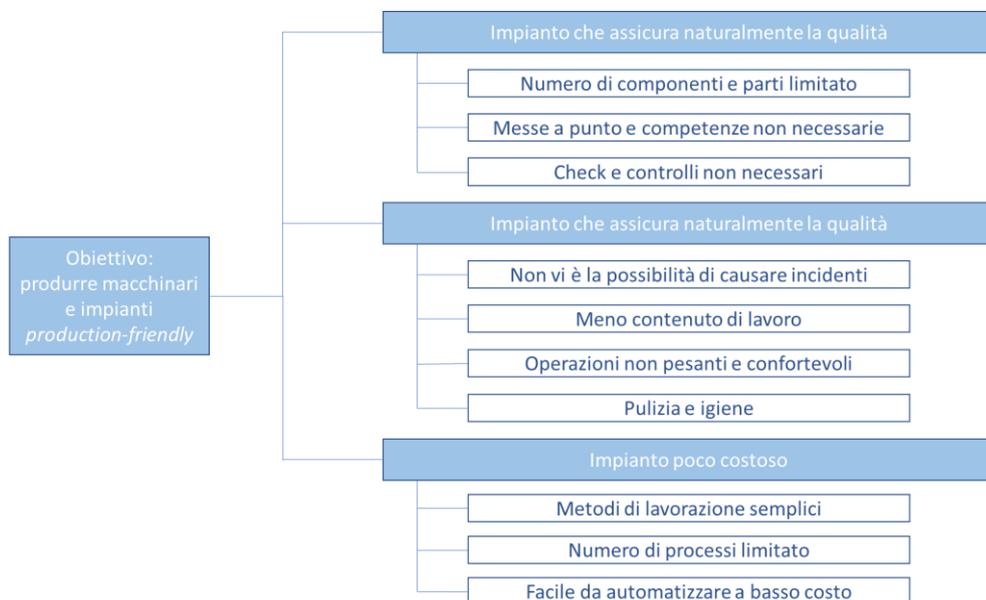


Figura 39: Macchinari e impianti production-friendly

Lo scopo principale dell'EEM, quindi, è proprio quello di guidare lo sviluppo e l'implementazione dei nuovi progetti, assicurando la corretta applicazione della metodologia al fine di ottenere migliori risultati. Inoltre, deve assicurare che le nuove attrezzature siano più sicure, abbiano un LCC (life cycle cost) minore, rispettino la qualità desiderata dal cliente, siano affidabili e mantenibili nel tempo, flessibili e assicurino l'operabilità.

L'implementazione della metodologia EEM permette di anticipare i problemi che si possono verificare in tutto il progetto nelle prime fasi dello sviluppo del processo e permette al gruppo

¹³ Safety, Focused Improvement, Autonomous Maintenance, Workplace Organization, Professional Maintenance, Quality Control, Logistics, People Development ed Environment

¹⁴ (Ketter & Massone, 2007)

di ridurre i costi e il lead-time del progetto al fine di raggiungere l'avviamento verticale. Per avviamento verticale si intende essere in accordo con il completamento del programma senza che si presentino guasti nelle apparecchiature e senza difetti di qualità. Questo concetto viene racchiuso in uno dei principi su cui si basa l'EEM: il *Front Loading*.

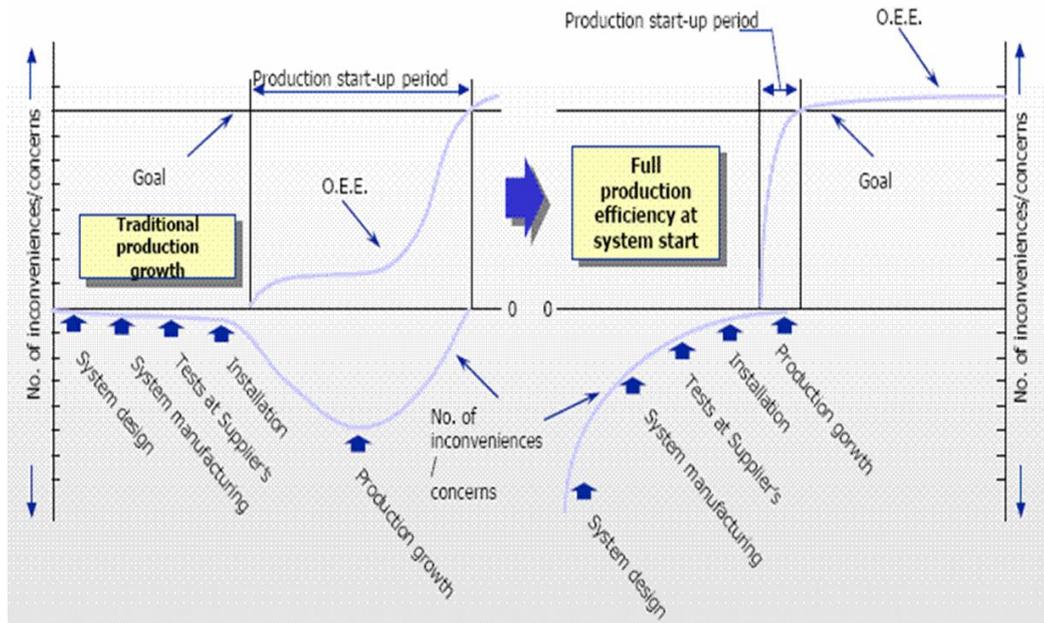


Figura 40: Confronto tra salita produttiva tradizionale e salita produttiva verticale, consentita dall'anticipazione dei problemi

3.8.1 Design Review System (DR)

L'aspetto che senza dubbio si distacca maggiormente dagli altri pilastri è l'uso delle liste di controllo. Queste vengono utilizzate dalla squadra operativa per guidare l'esecuzione del progetto e servono a verificare sia che tutti gli aspetti che l'impianto deve garantire siano presi in considerazione, sia che le caratteristiche dell'attrezzatura siano adeguate al loro utilizzo.

Le domande all'interno delle checklist sono divise principalmente per:

- Impatto (Operabilità, Manutenibilità, Affidabilità, Sicurezza, Costo, ecc.);
- Fase del progetto (le domande cambiano per ciascuna delle 7 fasi della metodologia WCM per il pilastro EEM)

Grazie a questo sistema EEM punta ad assicurare una qualità estesa (Quality Assurance design) minimizzando i costi e massimizzando il profitto (Life Cycle Cost design). Inoltre, cerca di realizzare gli impianti nel minor tempo possibile garantendo alta affidabilità, manutenibilità e flessibilità, oltre che elevata sicurezza.

3.8.1.1 *Quality Assurance design*

Sempre nell'ottica di anticipare i possibili problemi che possono verificarsi nell'installazione dell'impianto, uno dei compiti che questo pillar ha è assicurare che i macchinari assicurino la qualità voluta andando a creare fin da subito le condizioni per ottenere 0 difetti.

Il QA design, quindi, ha il compito di:

- Creare le condizioni per cui il macchinario possa produrre pezzi conformi al 100%;
- Creare le condizioni affinché il macchinario mantenga il più a lungo possibile, possibilmente per tutto il suo ciclo vita, le condizioni per garantire la qualità desiderata;
- Scegliere accuratamente un macchinario che sia resistente ai possibili difetti che possano formarsi a causa di disturbi;

Queste caratteristiche possono essere garantite solamente se prese in considerazione fin dalle prime fasi della progettazione dal momento che molte cause di difetti sono dovute a problemi nati proprio in queste prime fasi.

3.8.1.2 *Life Cycle Cost design*

Come riportato da *Ketter & Massone*¹⁵, un altro importante obiettivo della gestione anticipata degli impianti è massimizzare il profitto della macchina, ossia minimizzare il costo del ciclo di vita della macchina stessa. L'impianto, infatti, deve essere economico non solo in termini di investimento iniziale, ma anche in termini di costi di gestione che l'azienda dovrà affrontare durante l'intero ciclo di vita della macchina.

L'LCC Design, quindi, è in grado di fornire una visibilità sul costo totale, dato dalla somma di un *costo iniziale* (IC) – formato dai costi di prototipazione, costruzione e installazione – con un *costo del macchinario* (la manodopera e gli scarti) e con i *costi di manutenzione e di esercizio* (RC – Running Cost).

$$LCC = IC + RC$$

Monitorando la percentuale di questa somma durante le fasi dello sviluppo del progetto si può valutare la bontà dello sviluppo dell'impianto: se almeno l'80% dei costi del ciclo vita di un sistema o di una unità di un impianto viene determinato nella fase del concept allora lo sviluppo sta procedendo positivamente (Ketter & Massone, 2007). Infatti, tendenzialmente, come possiamo vedere in Figura 41, la stragrande maggioranza dei costi di sviluppo di un progetto si hanno nella fase di avviamento o start-up mentre nelle fasi finali questo viene sempre più ammortizzato.

¹⁵ (Ketter & Massone, 2007)

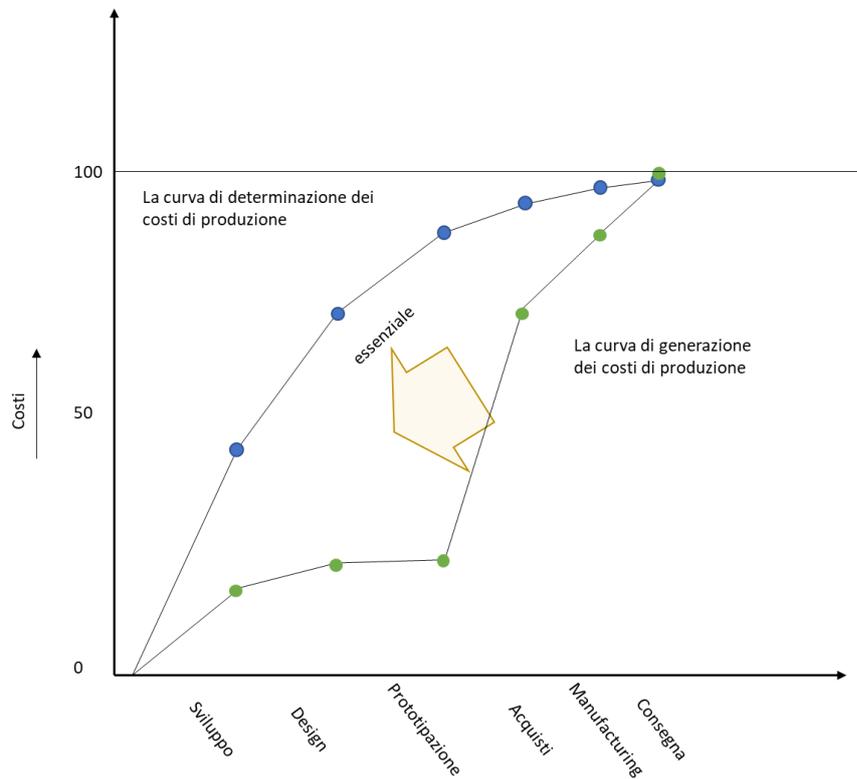


Figura 41: Curve di determinazione e di generazione dei costi di produzione

Per questa ragione, le decisioni prese durante questa fase di inizio del progetto sono estremamente importanti per l'abbattimento del LCC dell'impianto.

Esistono quattro principali strategie per l'abbattimento del Life Cycle Cost:

1. Minimum initial cost (IC) design

Questo approccio si basa sul minimizzare l'investimento nell'attrezzature iniziale. Tipicamente questa strategia è più efficace nei casi in cui l'investimento iniziale è di gran lunga maggiore rispetto al costo d'esercizio (Figura 42).

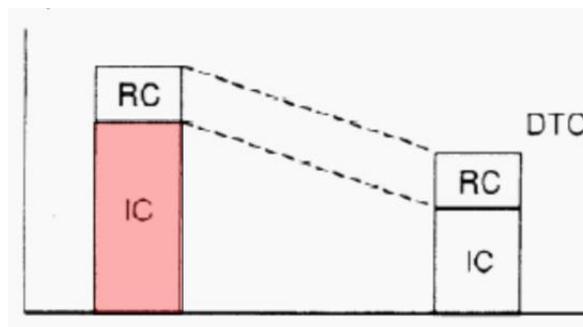


Figura 42: Minimum initial cost design

2. Minimum running cost (RC) design

In altri casi è molto più evidente la riduzione dei costi di esercizio piuttosto che i costi d'investimento (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Per esempio, in una attrezzatura automatica complicata, un maggiore livello di qualità significa un più alto rischio di difetti, fermate ed altri problemi. Inoltre potrebbe portare ad una manutenzione più laboriosa e parti di ricambio più costose. Come risultato, i costi di esercizio, come le perdite per fermate o manutenzione presto superano le loro previsioni iniziali: è proprio in questi casi che una maggiore enfasi sull'affidabilità e sulla manutenibilità possono diminuire di molto i costi d'esercizio.

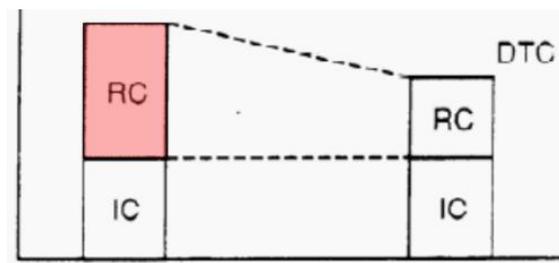


Figura 43: Minimum running cost design

3. IC-RC Reduction Design (ICR-RCR)

Questo approccio cerca di minimizzare la somma dei costi d'investimento con i costi di esercizio e viene solitamente usato quando entrambi questi costi sono elevati.

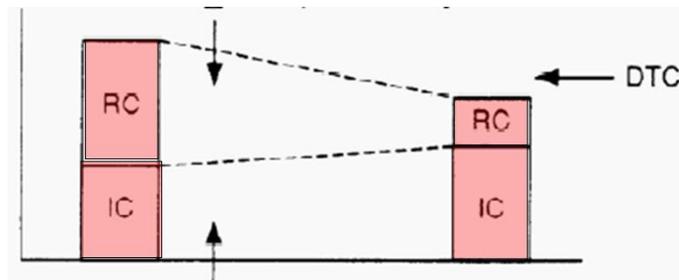


Figura 44: IC-RC Reduction Design

4. LCC design under uncertain conditions

In ultimo, si può analizzare l'impatto che solamente alcuni fattori potrebbero avere sui costi di sviluppo del progetto. In questo caso i costi devono essere divisi in *fissi* e *variabili* e viene usato un diagramma per evidenziare il punto di pareggio tra i volumi di produzione che genererebbero una perdita e quelli che genererebbero un profitto (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Se il volume di vendita è minore di N_1 , è necessario sviluppare un altro progetto; se il volume di vendita è compreso tra N_1 e N_2 , si adotta il progetto 1; se il volume delle vendite è sopra N_2 , si adotta il piano 2.

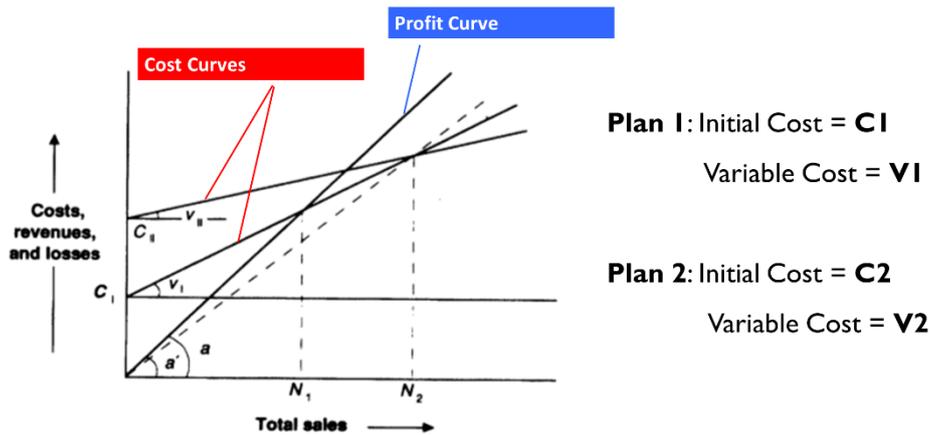


Figura 45: LCC Design under uncertain conditions

3.8.2 MP Information Management

Abbiamo detto che, attraverso le checklist è possibile andare ad assicurare la qualità dell'impianto. Le domande che si inseriscono in queste liste di controllo derivano dai Kaizen sviluppati piuttosto che dal benchmark con altri stabilimenti, dall'esperienza o dai consigli dei fornitori ed al fine di gestire e condividere le informazioni al meglio, incrociando anche le esperienze di tutti i plant del gruppo, è stata sviluppata una base di dati che prende il nome di *MP system*.

L'obiettivo, quindi, del sistema MP (Maintenance Prevention) è la creazione di una base di dati di soluzioni comprovate in seguito a problemi riscontrati durante la vita dell'attrezzatura esistente (CNH Group - World Class Manufacturing, 2018). Le soluzioni potrebbero essere generate durante 2 fasi della vita dell'attrezzatura:

- Fasi di sviluppo (dal concetto all'avvio - fasi da 1 a 7 di EEM);
- Funzionamento dell'attrezzatura nella fase di produzione.

Durante le attività quotidiane nello stabilimento, le MPI (Maintenance Prevention Informations) e le checklists vengono aggiornate in base alle diverse situazioni in cui ci si può trovare dai pilastri del WCM e vengono condivise le lezioni apprese. Tutte le informazioni vengono successivamente immagazzinate nel database al fine di renderle disponibili a tutta la compagnia e soprattutto al fine di, quando si sviluppa un progetto, rivedere tutte le caratteristiche che i nuovi macchinari devono rispettare.

La fonte delle informazioni del pillar *Early Equipment Management*, come detto in precedenza, sono tutti gli altri pilastri, i quali devono comunicare i punti chiave che vanno rispettati:

- Safety deve comunicare come ottenere la migliore postazione di lavoro senza che gli operai si affatichino, per esempio;

- La qualità deve comunicare quali sono i passaggi necessari per garantire gli 0 difetti fin dalla fase iniziale di produzione;
- PM, AM, e FI devono collaborare per individuare i cambiamenti necessari da effettuare per ridurre al minimo le fermate e il deterioramento funzionale delle attrezzature, per renderle più efficienti e facili da mantenere;
- WO deve garantire che l'operatore possa andare ad eseguire le operazioni corrette velocemente.
- Environment deve informare EEM su come non eccedere i limiti ambientali;
- Logistics, in ultimo, deve fornire il migliore layout e il più semplice e veloce flusso di materiali.

In altri termini, l'MP Info non è altro che il metodo che tutti i pilastri usano per comunicare a EEM i cambiamenti/miglioramenti richiesti sull'attrezzatura corrente quando si ha intenzione di acquistare o di modificare attrezzature nuove e simili. Quando viene scoperto un problema con l'attrezzatura esistente, vengono trovate le soluzioni, implementate e i risultati vengono controllati nel tempo. Se la soluzione viene confermata, il pilastro responsabile crea l'informazione MP all'interno del database e viene collegata ad almeno una voce/domanda della checklist.

CNH Maintenance Prevention Information		MPInfo Code	Step Formed
PLANT	OPERATION	MACHINE	COMPONENT
2	1	3	COMPONENT SUPPLIER
SOURCE PLANT	APPLICATION STEP	DESCRIPTION	REVISION
4	5		
Description of issue:	Description of solution:		
STANDARDIZATION POSSIBLE EXPENSES: <input type="checkbox"/> Facilities <input type="checkbox"/> Assembly <input type="checkbox"/> Pressing <input type="checkbox"/> Logistics <input type="checkbox"/> Machining <input type="checkbox"/> Paint <input type="checkbox"/> Press & Blow <input type="checkbox"/> Stamping <input type="checkbox"/> Welding			
EEM QUESTIONS STEP:			
6			
DEPARTMENT		DESIGN	B.I.C.
Date	Computer	Owner Contact	ATTACHMENTS
		7	

- 1. Technical Plant Architecture**
(Plant / Line / Operation / Machine / Component)
- 2. Impact** (Operability, Maintainability, Reliability, Safety, etc..)
- 3. Step of Creation and Step of Activation**
- 4. Problem description**
- 5. Solution description**
- 6. Check Points** (one or more questions related to the step to be introduced)
- 7. Economics**

Figura 46: Informazioni principali disponibili in una MP Info Chart

3.8.3 Il processo di implementazione

Come detto da *Ketter & Massone*¹⁶, nell'implementazione del pilastro occorre tener conto di due livelli, tra loro integrati, da sviluppare:

- quello della progettazione e costruzione degli impianti, che segue i classici 7 step visibili in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- quello dello stabilimento, che fornisce alla progettazione le informazioni che provengono dall'esperienza realizzata in passato con impianti uguali o simili (passo 1), rileva le possibili problematiche di manutenzione e di produzione (passo 2), analizza le criticità dell'impianto (passo 3) e effettua un controllo su qualità e sicurezza.

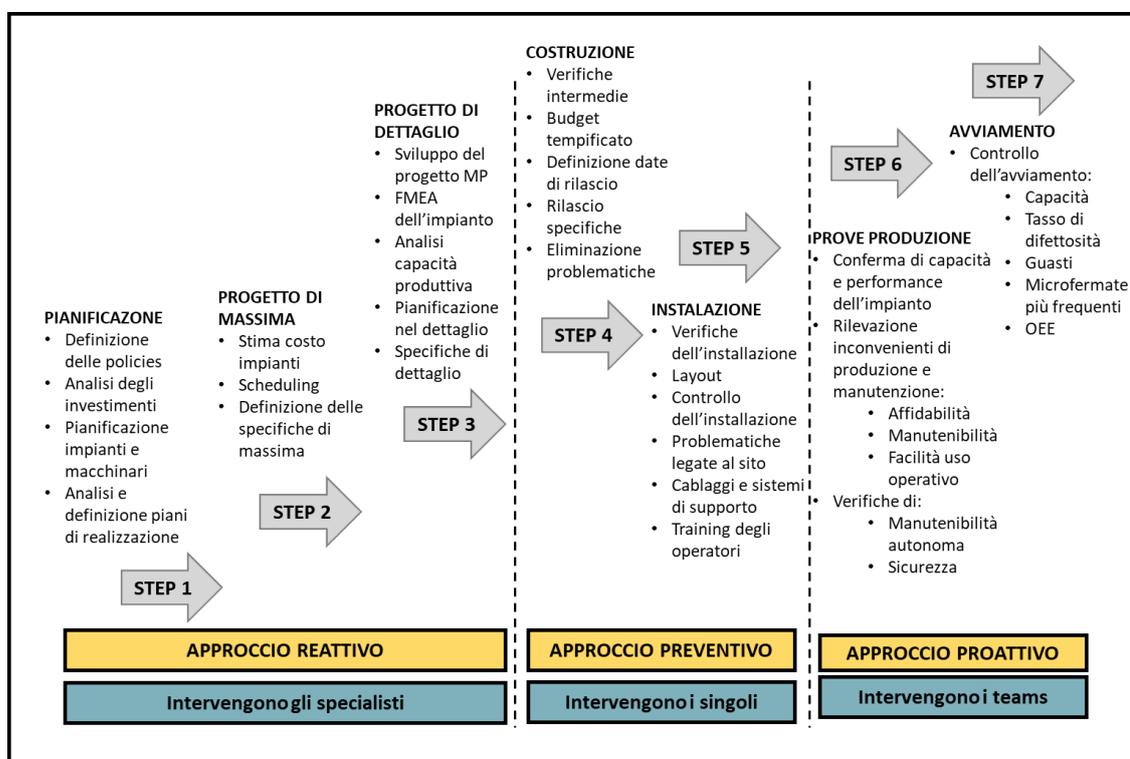


Figura 47: Gli step del percorso di implementazione di EEM

3.8.3.1 Step 1

Il primo passo consiste nel project planning. Per prima cosa va stabilito il team di progetto, assegnando a ciascun membro un ruolo ed una responsabilità. Per ogni step i partecipanti nel team potrebbero cambiare ed è quindi buona norma valutare possibili addestramenti di personale.

¹⁶ (Ketter & Massone, 2007)

Il team scelto avrà il compito di valutare se cambiare o migliorare gli impianti esistenti partendo dall'analisi della situazione corrente. In particolare, si va a verificare se la macchina lavora ad un OEE adeguato alla richiesta di mercato e se si potrebbe aumentare la capacità della macchina attaccando per esempio le perdite relative ai guasti o alla manutenzione. Dall'analisi della situazione iniziale, si è in grado di individuare l'alternativa migliore e capire se migliorare l'attrezzatura esistente o comprarne di nuova.

In quest'ottica è fondamentale un'analisi di mercato per vedere se l'aumento delle vendite è passeggero o no, oltre che andare ad effettuare un benchmarking tra le varie opzioni che si hanno a disposizione, considerando anche il caso di non cambiare nulla. In questa fase è utile identificare anche il flusso di materiale che si ottiene con le varie idee trovate e un macro-layout ottimale.

Il benchmarking deve essere una analisi delle differenti soluzioni tecniche/tecnologiche sia tra gli stessi Plants CNH, sia tra i competitors, sia tra i fornitori.

Durante lo Step I le MP Info dovrebbero essere prese in considerazione e dovrebbero avere un impatto non indifferente sugli aspetti economici e sulle decisioni circa le scelte tecnologiche principali (CNH Group - World Class Manufacturing, 2018).

Successivamente va effettuata una classificazione dell'investimento da farsi e in base a questa vanno stabilite le tempistiche a livello di macro-step e milestones.

3.8.3.2 Step II

In questa fase pilastro EEM esegue l'analisi di tutti i dati relativi alle attrezzature/processi/operazioni esistenti e sui problemi trovati, le soluzioni realizzate e i punti aperti per i quali non è stata ancora stabilita una soluzione. Queste informazioni sono contenute in una serie di documenti come le MP-Info, Checklists, QA-Matrix, Kaizens, FMEA ed EWOS (breakdown analysis) ecc.

In questo step, l'attività di analisi delle MP Info e di altre informazioni è utile per identificare le soluzioni tecniche da includere nelle Specifiche Tecniche per la *Bidding Request*.

È importante dire che l'attrezzatura deve essere fornita completamente conforme, come minimo, alla fase 3 degli step AM e PM. Ciò significa che tutti i documenti necessari devono essere disponibili nella fase di avvio dell'attrezzatura.

Durante questa fase vanno individuate le specifiche base che il layout deve avere:

- si deve cercare di disporre l'attrezzatura per assicurare la minima movimentazione del materiale. Il layout deve essere pianificato e progettato con l'obiettivo che le operazioni siano eseguite facilmente e senza intoppi con la minima quantità di personale

- bisogna cercare il più possibile di minimizzare la distanza di spostamento degli operatori e dei prodotti sia da un punto di vista macroscopico, riducendo al minimo il movimento dei prodotti, sia da un punto di vista microscopico (operazione/processo individuale), minimizzando il movimento del personale.
- si deve ridurre al minimo il trasporto di materiali e materiali supplementari
- bisogna ridurre al minimo le tubazioni
- e infine va costruita una linea flessibile al fine di poterla adattare a qualsiasi esigenza.

Per valutare le differenti alternative proposte dai fornitori, viene usata una matrice di selezione (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) la quale, dopo aver assegnato a ciascun criterio un peso a seconda dell'importanza, permette di visualizzare più intuitivamente la soluzione che si avvicina a quella ideale. In questo step, inoltre vanno valutati gli aspetti tecnici e finanziari al fine di individuare il miglior fornitore della nuova attrezzatura.

CRITERIA	B	C	A	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Total	Ratio
Cost Differential & Cost Risk																1	0.83%
(B) System Design and Layout																5	4.17%
(C) Demonstrated use of Latest Technology																5	4.17%
(D) Supplier Schedule & System Availability																1	0.83%
(E) Project Management Approach																5	4.17%
(F) Focus on Objectives																9	7.50%
(G) Attention Given to EEM Detail																10	8.33%
(H) Ergonomics & System Operation																12	10.00%
(I) Adherence to Spec Requirements																12	10.00%
(J) Attention to Detail																11	9.17%
(K) Industry/Process/Component Familiarity																5	4.17%
(L) Quality Focus																15	12.50%
(M) Space Utilization																3	2.50%
(N) Warranty and Spare Parts																8	6.67%
(O) Full Process/System Training Capability																4	3.33%
(P) Comprehensive Approach																14	11.67%
																120	100%

Factor	Weight	Supplier A	Supplier B	Supplier C
QUALITY	20	10.00	9.00	2.00
PRODUCT SPEC.	20	9.33	7.50	1.67
PRODUCTIVITY	10	7.00	9.00	1.00
OPERATING COST	10	25.17	37.50	20.83
RELIABILITY	15	8.00	9.00	4.00
OPERABILITY	10	33.33	37.50	16.67
SPACE REQUIRED	10	2.00	10.00	7.00
MAINTAINABILITY	5	1.67	0.33	2.00
ENVIRONMENT	5	6.00	8.00	4.00
SAFETY	5	25.00	33.33	16.67
SUPPLIER RECORD	5	7.00	10.00	9.00
DELIVERY	5	4.00	8.00	9.00
Attention Given to EEM Detail	12	33.33	45.67	66.67
Ergonomics & System Operation	12	6.00	10.00	9.00
Adherence to Spec Requirements	12	6.00	10.00	9.00
Industry/Process/Component Familiarity	5	6.00	10.00	9.00
Quality Focus	15	60.00	100.00	60.00
Space Utilization	3	9.00	10.00	7.00
Warranty and Spare Parts	8	37.50	41.67	73.17
Full Process/System Training Capability	4	8.00	10.00	9.00
Comprehensive Approach	14	93.33	116.67	81.67

	704	950	682
Total			
Cost Differential (x1000)	0	810	820
Cost Risk	845	85	850
Value Ratio	13.8	45.7	2.4

Figura 48: Esempio di matrice di selezione

3.8.3.3 Step III

Come spiegato nella sezione QA Design, uno degli obiettivi è progettare l'attrezzatura in modo da ottenere una situazione di zero difetti di qualità fin dalla fase di avvio e in grado di mantenere facilmente le sue caratteristiche. Gli strumenti che WCM utilizza per garantire la qualità del prodotto sono, come già ribadito in precedenza, QA-Matrix, QFD o CTQ e FMEA¹⁷.

Durante questo step tutte le MP-Info (incluse nelle Specifiche Tecniche di fornitura sviluppate nella fase 2) sono prese in considerazione per sviluppare il loro progetto dettagliato finale in co-design con i fornitori.

¹⁷ La FMEA deve essere completata nello STEP 3, ma è meglio anticipare il suo inizio allo step 2 o 1 a seconda del tipo di progetto

È importante che la maggior parte delle MP Info siano già incluse nel contratto di fornitura perché alcune modalità di esecuzione descritte in queste ultime potrebbero essere una variazione rispetto agli standard di produzione del costruttore e rispetto agli accordi di fornitura che possono essere stati fatti.

Per facilitare questo passaggio, il Professor Yamashina ha classificato le principali tipologie di modifiche (CNH Group - World Class Manufacturing, 2018) che si possono prevedere:

- *Minoritarie* quando costano meno di 200 €, possono essere effettuate durante un momento improduttivo del macchinario (come ad esempio manutenzione, pulizia o non produzione);
- *Medie* se possono essere viste come una modifica necessaria per evitare difetti di prodotto, per aumentare la produttività ed eliminare i pericoli di sicurezza. Solitamente hanno un costo che si aggira intorno ai 200 € - 400 €, sono completate in due giorni massimo e vengono fatte direttamente dal fornitore o da una ditta terza;
- *Importanti* se comportano una modifica significativa alle attrezzature che potrebbero causare altrimenti difetti cronici oppure sono modifiche necessarie per permettere la corretta installazione causa vincoli di processo/edificio o ancora se non sono conformi alla pianificazione ambientale locale. Solitamente implicano alti costi, più di 4000 €, l'installazione dura più di cinque giorni e viene fatta dal fornitore dell'attrezzatura.

Una volta che tutte le modifiche sono identificate e valutate, i progetti vengono congelati e firmati sia dall'impianto che richiede l'attrezzatura sia dal fornitore.

A questo punto vengono eseguite:

- Una schedulazione molto dettagliata (suddivisione dettagliata di tutte le fasi del progetto - design, approvvigionamento, produzione, consegna, installazione, prova di produzione e messa in funzione).
- Una finalizzazione del layout e dei disegni tecnici.

3.8.3.4 Step IV

Durante lo il quarto passaggio, vanno effettuati i controlli di produzione e consegna (monitoraggio dei miglioramenti e delle modifiche) e la pianificazione della formazione. In particolare, attraverso lo studio dei limiti di controllo, viene effettuato un primo rodaggio per verificare la qualità, la sicurezza e le prestazioni dell'attrezzatura. Vengono perciò programmati già dallo step precedente alcuni incontri regolari di follow-up con il fornitore, al fine di garantire che gli obiettivi vengano raggiunti e che la produzione e la consegna dell'attrezzatura avvengano nei tempi previsti (CNH Group - World Class Manufacturing, 2018).

Nel verificare la conformità del progetto con le specifiche tecniche però, non sono previste modifiche sostanziali ma solamente piccoli cambiamenti al progetto originale previamente concordato. Questi cambiamenti possono derivare dalla risoluzione dei piccoli problemi che si verificano durante lo sviluppo del progetto, problemi che poi verranno utilizzati per creare ulteriori MP Info.

In caso di installazione di nuovi macchinari, fondamentale è la preparazione del sito dove si installerà l'attrezzatura. Generalmente l'area viene delimitata da linee a pavimento rettangolari, per garantire l'uso più efficace dello spazio, e i camminamenti vengono disposti linearmente lungo i muri perimetrici. Il cablaggio e le tubature dovrebbero essere posizionati sul soffitto non sul pavimento, questo previene la corrosione ed i pericoli di inciampare, oltre ad essere la soluzione più flessibile in caso di un futuro cambio di layout.

Gli utensili devono essere resi il meno necessari possibile e per questo va ridotto il loro numero. Andrebbero, inoltre, posizionati il più vicino possibile al punto di utilizzo in maniera ordinata. Se presi, andrebbero usati così come sono senza riprenderli, mentre se rilasciati, dovrebbero tornare automaticamente nella posizione originale. Il materiale e il WIP dovrebbero avere delle aree fisse dove essere posizionati.

Per aiutare l'allestimento del layout ottimale può essere utile preparare con i vari membri del team un mock-up del layout proposto, per esempio mediante l'uso di scatole o cartoni. Se necessario (in funzione della complessità e della criticità del progetto), è possibile eseguire il controllo delle attrezzature presso il fornitore durante le fasi di fabbricazione e/o prima della consegna. L'obiettivo di questi controlli è verificare in primo luogo se l'attrezzatura soddisfa quanto richiesto nelle specifiche tecniche, in secondo luogo se si rispetta la capacità della macchina, il tempo di ciclo e gli altri obiettivi di progetto rilevanti; ed infine se viene rispettata la programmazione dell'avanzamento dei lavori.

È importante, inoltre, stabilire un programma di formazione per addestrare gli operatori di produzione e manutenzione sul funzionamento e la manutenzione dell'attrezzatura presso il fornitore. Il formato dell'addestramento può variare a seconda della complessità e della tecnologia dell'attrezzatura. Il corso può essere tenuto presso il fornitore, durante le fasi di installazione, avvio e messa in servizio (CNH Group - World Class Manufacturing, 2018). La formazione dovrebbe essere uno degli obiettivi chiave necessari, oltre che alla normale conoscenza dell'impianto per il suo utilizzo in produzione, al raggiungimento dello step 3 di AM e PM dall'avvio della produzione¹⁸.

¹⁸ vedi sezione Step II

3.8.3.5 Step V

In questa fase si effettuano controlli per verificare l'accuratezza dell'installazione e se ci sono operazioni/caratteristiche inaccettabili che possono avere un impatto sulla durata dell'attrezzatura¹⁹. Come spiegato più in dettaglio nella sezione riguardante il secondo step, l'obiettivo dell'EEM è quello di ottenere attrezzature dal fornitore che soddisfano come minimo lo STEP 3 di AM e PM (Machine Ledger, PM Calendar, CILR e cicli di manutenzione operativa correlati).

Il libro mastro della macchina (Machine Ledger), il calendario PM e la mappa CILR devono essere forniti obbligatoriamente dal fornitore come minimo alla fase 3. Inoltre, devono essere implementate tutte le soluzioni tecniche per facilitare e ridurre il tempo per le attività di ispezione, pulizia, lubrificazione, riassetto e manutenzione professionale. Le liste delle componenti di ricambio vengono consegnate, come concordato nella progettazione dettagliata (fase 3), al fine di consentire le attività di acquisto ed avere la disponibilità delle parti di ricambio all'avvio degli impianti.

3.8.3.6 Step VI

In questa fase, viene effettuata la verifica dell'attrezzatura con lo scopo di controllare che l'impianto soddisfi tutti i requisiti del progetto e le caratteristiche concordate nella progettazione dettagliata. Alcune dei controlli più frequenti che vengono effettuati sono:

- Verifica della capacità degli impianti di operare rispettando il tempo ciclo richiesto;
- Verifica dei parametri operativi definiti durante la progettazione per assicurare gli standard di qualità produttiva;
- Verifica della capacità dell'impianto di mantenere i parametri nel range definito durante la progettazione;
- Verifica di rispetto del consumo energetico definito della fase di design;
- Verifica di rispetto con i consumi diretti e indiretti dei materiali definiti nella fase di design;

3.8.3.7 Step VII

Lo scopo principale di questo step è la verifica del raggiungimento dell'efficienza tecnica/OEE e dell'avviamento verticale definito in fase di progettazione (Guasti / Arresti minori) oltre che alla verifica del rispetto degli obiettivi economici di investimento (IC) e dei costi di gestione (RC) definiti sempre in fase di progettazione (CNH Group - World Class Manufacturing, 2018).

¹⁹ N.B.: La disposizione o la preparazione dell'impianto fa parte della fase 5, ma i tempi possono sovrapporsi alla fase 4

Un esempio pratico dell'applicazione degli step verrà affrontato più avanti nel testo, quando si analizzerà il lavoro svolto durante l'attività di tirocinio svolta nell'impianto di Torino Driveline di FPT Industrial.

3.9 People Development

Molte volte le competenze e i metodi di lavoro non sono in grado di garantire operazioni senza errori e inoltre sono presenti molte carenze nel sistema di valutazione e miglioramento delle competenze. Per questo motivo è necessaria la presenza di un ente che motivi le risorse umane dell'impresa, sviluppandone le competenze necessarie a sostenere i progetti di miglioramento.

Lo scopo principale di questo pillar, quindi, consiste nel fornire conoscenze e competenze corrette per ogni luogo di lavoro attraverso un sistema di formazione strutturato, nello sviluppare i gli agenti principali della formazione presenti nell'impresa, quali le figure di tecnico di manutenzione, tecnologo e specialista; infine nell'assicurare una documentazione semplice ed efficace delle conoscenze e competenze operative possedute e sviluppate che devono essere impiegate e mantenute (FIAT Group Automobiles, 2007).

Come riportato da Ketter & Massone²⁰: "applicare la logica focalizzata del WCM allo sviluppo delle persone significa riconoscere che la formazione è una perdita di tempo se non è posta in relazione ai benefici che apporta". Per questa ragione, infatti, ciascuna attività formativa va valutata guardando sia i costi della formazione sia i benefici che questa può apportare in quanto a riduzione/eliminazione delle perdite evidenziate attraverso il Cost Deployment e la QA Matrix.

3.9.1 Le tipologie di formazione

La formazione deve progredire passando in primo luogo per un approccio *reattivo*, ossia colmando le discrepanze di competenza in base alle perdite o ai problemi che vengono identificati. In secondo luogo deve passare per un approccio *preventivo*, per cui le discrepanze da colmare vanno identificate a partire dalle competenze che si dovrebbero avere sui tools WCM, oltre che alle skills tecniche relative al ruolo della singola risorsa umana. In ultimo, la formazione deve raggiungere lo scopo *proattivo*, ossia deve andare a sviluppare le competenze richieste per rendere possibile il miglioramento continuo dello stabilimento in quanto a tecnologie, strumenti e metodi.

²⁰ (Ketter & Massone, 2007)

In passato la formazione spingeva sull'insegnamento dei metodi, senza focalizzarsi sull'applicazione concreta delle tecniche e degli strumenti descritti. Ultimamente si è passati alla spiegazione anche del metodo di utilizzo/applicazione sia teorica che pratica, ovvero portando sul campo ad effettuare l'attività sia le persone operative in linea sia i tecnici esperti. In questo modo si insegna solo esclusivamente quello che ha una vera e propria applicazione.

Con il WCM inoltre la fabbrica diventa un luogo dove si può apprendere direttamente sul campo. Negli stabilimenti sono presenti, infatti, vere e proprie aree di formazione (tre o quattro) per ogni Unità Tecnologica Elementare, nelle quali sono disponibili le best practices per ogni pilastro WCM. Inoltre, al posto di avere un docente esterno come tutor, vi sono più figure con diverse competenze: è presente un trainer esperto, che forma le persone insegnando concetti teorici, e vi sono i metodologi, che basano la loro formazione sulle competenze e i ruoli dello stabilimento.

3.9.2 Il processo di implementazione

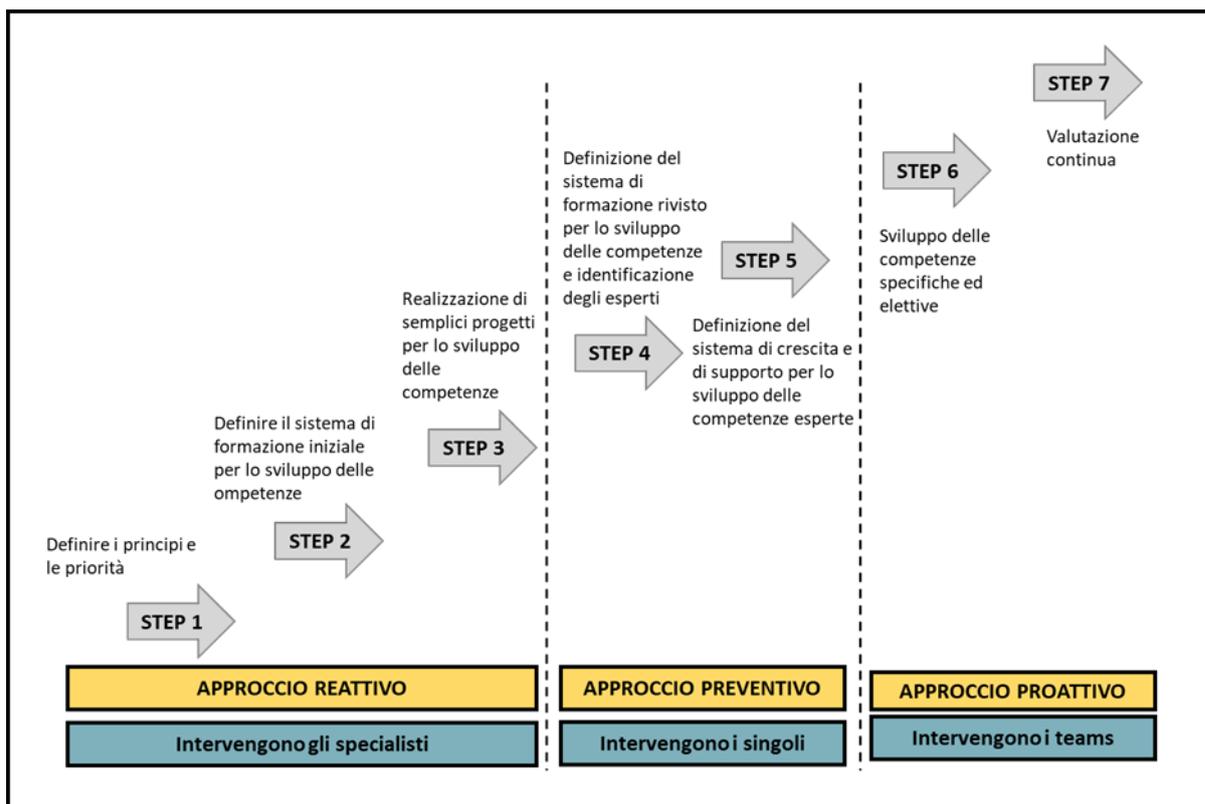


Figura 49: Il percorso di implementazione di People Development

Come visibile in figura 50, il processo di implementazione del pilastro parte dalla definizione di una politica di sviluppo delle risorse umane altamente connessa agli obiettivi strategici dell'impresa e dalla definizione della conoscenza e delle capacità che le persone dovranno

possedere al fine di realizzare il nuovo modo di lavorare (step 1). Successivamente si definiscono i target da raggiungere, i luoghi di apprendimento e i divulgatori della conoscenza e si inizia ad erogare la formazione (step 2). Dopo che questa ultima è stata fatta per un certo periodo di tempo, si pianificano i progetti di cura degli impianti per lo sviluppo delle competenze necessarie per mantenere le condizioni di base degli impianti (step 3). Quindi si effettua la valutazione del sistema al fine di migliorarlo e così estenderlo anche agli altri dipartimenti (step 4). Il sistema, inoltre, dovrà sviluppare gli esperti curando lo sviluppo di competenze avanzate (step 5) e individuare dove queste competenze possono essere utili (step 6). Infine, va valutata l'efficacia della formazione e i ritorni economici ottenuti (step 7).

3.10 Environment

Al fine di soddisfare le esigenze degli operatori e della società civile è necessario garantire una corretta gestione dell'ambiente. Lo scopo del pillar *Environment*, quindi, è quello di far rispettare i requisiti e le normative in materia di gestione ambientale, sviluppare la cultura della sua prevenzione e migliorare continuamente le condizioni dell'ambiente di lavoro, anche al di là degli obblighi normativi e legislativi.

Per garantire il corretto rispetto delle regole, vengono effettuati audit interni periodici sull'impatto della fabbrica sull'ambiente circostante, vengono identificati i rischi e vengono migliorate le attrezzature al fine di prevenirli, oltre alla formazione, educazione e controllo degli operatori.

Grazie a questo pilastro è considerato fondamentale in quanto permette di ottenere sia una riduzione dei costi, come quelli relativi al consumo di energia e allo smaltimento delle sostanze inquinanti e al rumore, sia all'aumento della quantità del materiale riciclato, al miglioramento dell'ambiente di lavoro e soprattutto all'eliminazione delle condizioni generatrici di potenziali incidenti ambientali.

Tutti gli stabilimenti del Gruppo sono certificati secondo la normativa UNI EN ISO 14001²¹, la quale si basa sulla già vista metodologia PDCA. In Figura 50 si può vedere riportata la schematizzazione dell'approccio PDCA relativo alla norma ISO 14001.

²¹ La norma UNI EN ISO 14001 è una norma internazionale, ad adesione volontaria, che regola i sistemi di gestione ambientale.



Figura 50: La logica del miglioramento continuo in matria ambientale secondo l'approccio PDCA

Con la ISO 14001 come sistema di riferimento per la gestione ambientale, il WCM, come sostenuto da *Ketter & Massone*²², attraverso l'analisi sistematica degli sprechi, delle perdite e l'attenzione alla riduzione dei costi, innesca una forte proattività anche in tema ambientale promuovendo una maggiore efficacia dei processi di analisi e di individuazione delle azioni correttive, stimolando una maggiore velocità per diventare migliori. La spirale mostrata nella figura sopra riportata possiede le fasi di pianificazione, verifica e riesame le quali comprendono tutte le attività descritte all'interno dei sette step che caratterizzano il percorso d'implementazione.

3.10.1 Obiettivi

Come accennato precedentemente, lo scopo del pilastro è quello di abbassare l'inquinamento e per farlo fa leva sulla diminuzione dei consumi delle risorse, sia di tipo idrico che energetico, ma anche sulla diminuzione dei rifiuti prodotti e sull'aumento delle depurazioni delle emissioni atmosferiche.

Ogni stabilimento, seguendo la politica ambientale del Gruppo, si dà degli obiettivi coerenti con il tipo di impatto prodotto, con la legislazione in vigore e anche con i risultati del Cost Deployment. Questi obiettivi portano alla creazione di progetti per portarli a termine, i quali

²² (Ketter & Massone, 2007)

implicano l'uso di dei responsabili, dei tempi di realizzazione e di un budget, nonché di tutte le informazioni utili per realizzare l'attività.

3.10.2 Il processo di implementazione

La logica dei sette step prevede che, una volta definite vision e mission in materia ambientale, si raccolgano, analizzino e comprendano a fondo le normative e i regolamenti in materia ambientale vigenti nel contesto in cui è collocato lo stabilimento (Ketter & Massone, 2007).

Successivamente viene effettuata una mappatura dei processi di produzione per permettere l'individuazione degli aspetti ambientali che necessitano di un piano di miglioramento, anche in base alle possibili normative che potrebbero essere applicate. A questo punto vengono definite le attività operative da farsi e il percorso di miglioramento viene valutato attraverso i periodici audit nominati precedentemente. Infine, si dovrebbe raggiungere la gestione autonoma del sistema di gestione ambientale e la spinta al miglioramento continuo attraverso il confronto con gli stabilimenti migliori (FIAT Group Automobilies, 2007).

4 FPT Industrial

FPT Industrial fa parte del gruppo CNH ed è un punto di riferimento nella progettazione, sviluppo, produzione e vendita di motori, trasmissioni, ponti e assali. Con un'esperienza di oltre cento anni nel settore, FPT Industrial è da sempre impegnata a introdurre soluzioni tecnologiche innovative che puntino a ottenere le più alte prestazioni, a ridurre i consumi e a minimizzare i livelli di emissioni.



Figura 51: Aree di presenza di FPT Industrial

L'azienda conta oltre 8.000 dipendenti in tutto il mondo, dieci stabilimenti e sette centri R&S (Figura 51). La rete di vendita di FPT Industrial è composta da 73 concessionari e oltre 800 centri di assistenza in circa 100 paesi. La gamma di prodotti FPT Industrial è estremamente ampia, offre infatti motori da 2,3 a 20 litri di cilindrata, potenze da 42 a 1.006 CV e cambi longitudinali a 5 e 6 marce con coppia massima da 300 a 470 Nm. La gamma si completa con versioni che utilizzano carburanti alternativi, includendo soluzioni a metano e motori compatibili con biodiesel fino al 20%. Questa vasta offerta e la grande attenzione dedicata alle attività R&S rendono FPT Industrial un leader mondiale nel settore dei propulsori industriali.

Nei centri di ricerca FPT Industrial sono state sperimentate le soluzioni che hanno permesso ai motori di ridurre le emissioni e anticipare le normative sulle emissioni Euro VI e Tier 4B. Inoltre, lo studio della combustione, dei carichi termici e di quelli meccanici ha permesso di realizzare motori con rendimenti più efficienti. FPT Industrial sta sperimentando anche soluzioni per l'utilizzo di biodiesel di seconda generazione e carburanti sintetici di alta qualità che possono essere ricavati da alcuni tipi di piante e dalle biomasse.

Come si può leggere sulla pagina web dell'impresa, la missione di FPT Industrial è diventare un leader tecnologico in tutti i settori legati ai sistemi di propulsione industriali per mezzo dell'innovazione, eccellenza dei prodotti e miglioramento continuo. Nel tentativo di realizzare tale missione, FPT implementa un processo di crescita sostenibile – fondato sul rispetto dell'ambiente e sull'impegno nei confronti del benessere sociale dei dipendenti e delle comunità in cui opera (FPT Industrial, 2021).

4.1 L'impianto di San Mauro Torinese

Il sito presso cui ho svolto l'attività di tirocinio curricolare è situato a San Mauro, nei pressi di Torino ed occupa un'area di circa 1.827.000 m² di cui 396.000 m² sono dedicati a FPT Industrial.

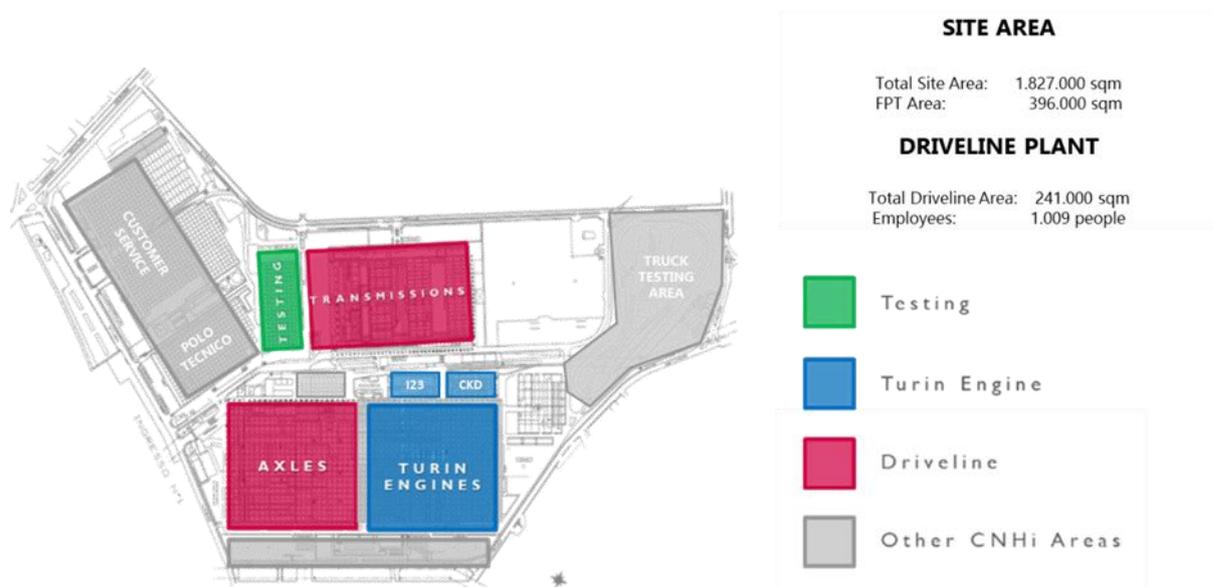


Figura 52: Planimetria del sito di San Mauro Torinese

Il complesso, visibile in Figura 52 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, ospita due poli principali:

- IVECO, in cui sono presenti:
 - o Customer Service IVECO, dove vengono esposti e venduti i veicoli commerciali leggeri medi e pesanti;
 - o Polo tecnico IVECO, in cui sono ubicati gli uffici del personale;
 - o Area Testing IVECO, dove vengono effettuate le prove su strada.
- FPT Industrial, formato da diverse unità operative:

- Area Cambi (Trasmissions), in cui sono presenti le UTE²³ di lavorazione di alberi primari, secondari e ingranaggi cambio;
- Area Ponti/Assali, in cui sono presenti le UTE di lavorazione coppie coniche, assali leggeri, medi e pesanti, scatole ponte e bracci, differenziale, riduzione e ingranaggi motore e le UTE di assemblaggio ponti leggeri, medi e pesanti;
- Area Motori, dove vengono prodotti e montati i motori NEF, F5, e da quest'ultimo anno anche i motori MARINI e i CURSOR;
- Area Testing, dove vengono svolte le prove di resistenza a stress e fatica.

Ogni Unità Operativa è suddivisa in differenti UTE e vengono giornalmente coordinate dagli altri reparti presenti nello stabilimento, che sono: il PTS (Plant Technical Support), le Risorse umane, il dipartimento di Qualità, quello di Finanza, la Logistica, il dipartimento di Ambiente e sicurezza, Work Analysis, WPS e infine Launch.

Il progetto di costruzione risale al 1974, anno in cui l'allora FIAT-Allis decise di iniziare la produzione del motore S8000. Successivamente, con la fondazione di IVECO nel 1975, viene introdotta la produzione di una tipologia di cambio e un assale leggero. Col tempo la gamma dei prodotti realizzati in stabilimento si è allargata sempre più, arrivando oggi ad offrire:

- Assali:
 - Assali posteriori pesanti
 - Assali anteriori pesanti
 - Assali anteriori medi
 - Assali posteriori medi
 - Assali posteriori leggeri
 - Assali Off-road posteriori
 - Assali Off-road anteriori
- Trasmissioni:
 - Tipologia 2835.6
 - Tipologia 2840.6
 - Tipologia 2850.6
- Motori:
 - Tipologia NEF
 - Tipologia F5
 - Tipologia CURSOR
 - Tipologia MARINO

²³ Unità Tecnologica Elementare

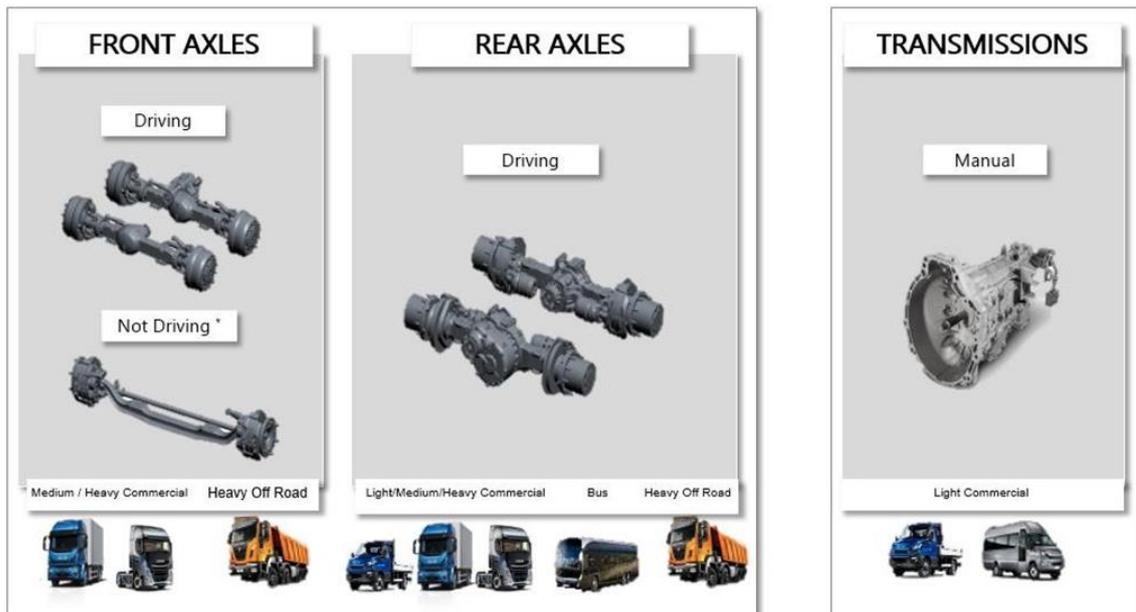


Figura 53: Gamma di prodotti realizzati nell'area Driveline dell'impianto di San Mauro

4.1.1 Torino Driveline

Tutte le aree che lavorano prodotti che fanno parte dell'impianto di trasmissione prendono il nome di Torino Driveline (colorate di rosso in Figura 52). In particolare, le aree che formano questa macroarea sono quelle che ospitano le linee Cambi e Assali/Ponti.

La maggior parte del tirocinio l'ho trascorsa in quest'ultima parte dello stabilimento, all'interno dell'UTE 7 Coppie Coniche (Bevel Gears), visibile in Figura 54, come Manufacturing Support Engineer.

L'area degli Assali/Ponti, in Figura 54, include diverse Unità Tecnologiche Elementari (aree blu/rosse):

- UTE 1: Lavorazione semiassi leggeri (HR Housing, Hubs & Side Shaft);
- UTE 2: Lavorazione mozzi, coperchi, scatole differenziali e leve per fuso (Lever & Differential Housing);
- UTE 3: Lavorazione assali singoli e gemelli, lavorazione scatole degli assali;
- UTE 5: Lavorazione fusi a snodo, leggeri, pesanti (Knuckles, Hubs, Front Axles);
- UTE 7: Lavorazione Coppie Coniche (Bevel Gears)
- UTE 8: Montaggio assali pesanti (Off-Road Rear, Off-Road Front).
- UTE 9: Montaggio assali leggeri e medi (Medium Front, Medium Rear, Light Rear);
- UTE 10: Montaggio assali Off-Road (Heavy Rear, Heavy Front).
- UTE 11: Lavorazione Ingranaggi Motore.

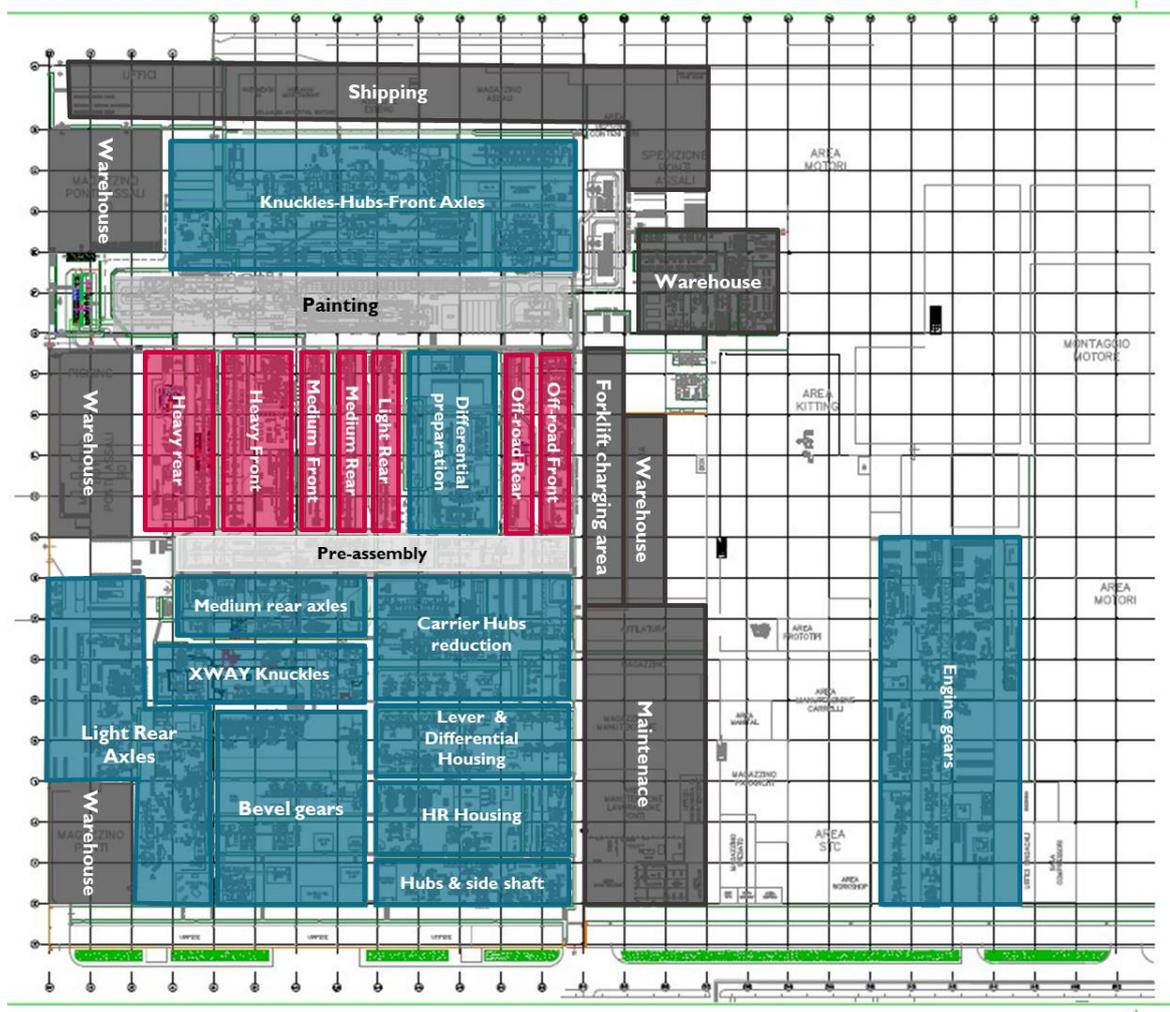


Figura 54: Planimetria area Ponti/Assali di Torino Driveline

L'area delle trasmissioni, invece, è composta da molte meno Unità Tecnologiche Elementari (Figura 55):

- UTE 1: Lavorazione alberi secondari (Shaft Tothing);
- UTE 3: Lavorazione ingranaggi (Gears Tothing);
- UTE 4: Lavorazione alberi primari e ingranaggi (Gears & Shaft Grinding)
- UTE 5: Trattamento termico di ricottura e cementazione (Heat Treatment).

Nel terzo capannone sono presenti delle aree, oramai smantellate, che verranno utilizzate per installare le nuove linee di produzione. In particolare:

- L'area più grossa ospiterà una linea di assemblaggio batterie per un nuovo veicolo commerciale elettrico;
- L'area più piccola, invece, ospiterà la nuova linea di assemblaggio della trasmissione di un nuovo veicolo elettrico, progetto che verrà esaminato più nel dettaglio nel capitolo successivo.

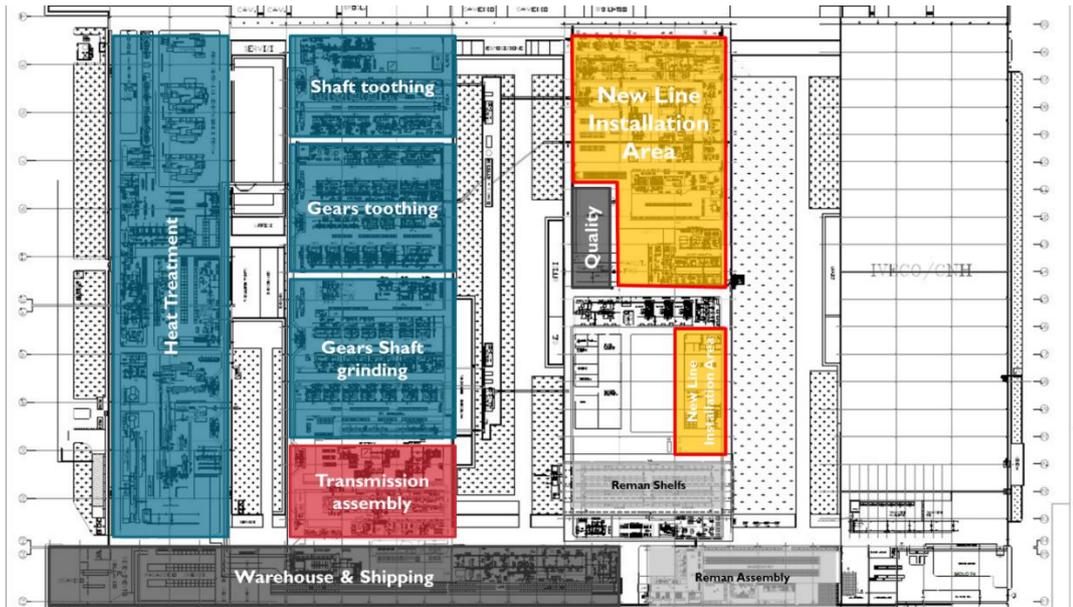


Figura 55: Planimetria area Cambi di Torino Driveline

4.1.2 Torino Engine

Le UTE di lavorazione motori, invece fanno parte dell'area che porta il nome di Torino Engine. Durante i due mesi finali della mia esperienza di tirocinio curricolare in FPT mi sono occupato dell'organizzazione del magazzino dei motori MARINI, l'area ricevimento in alto a sinistra in Figura 56, in quanto era appena stato eseguito il trasferimento della linea di montaggio da Pregnana Milanese a Torino.

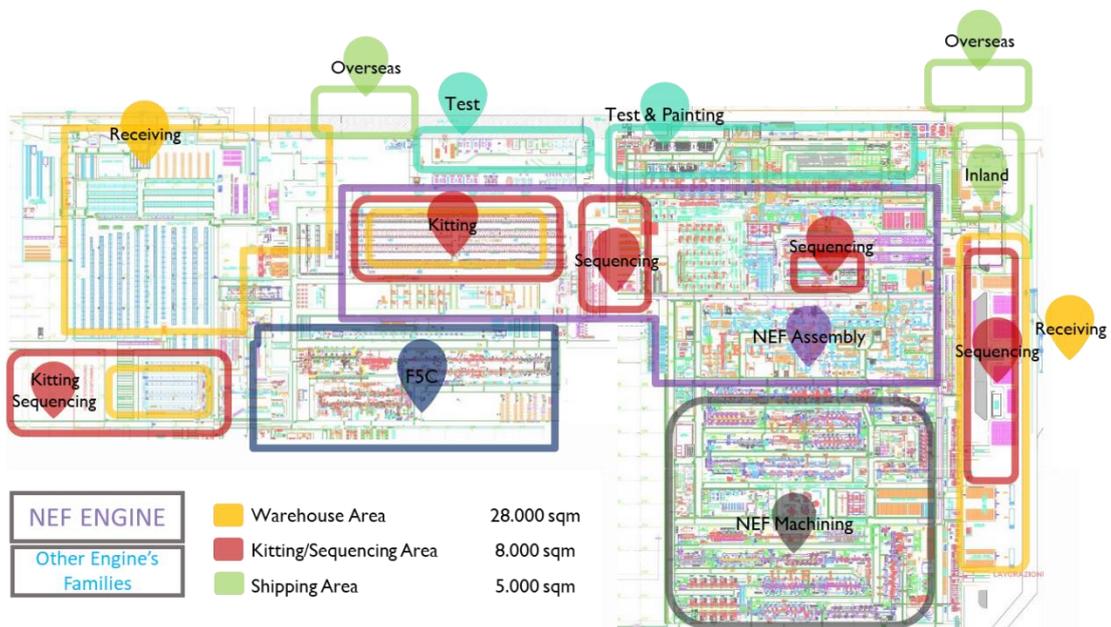


Figura 56: Planimetria di Torino Engine

5 L'implementazione della linea di assemblaggio della trasmissione per una macchina elettrica

Durante il tirocinio svolto presso FPT Powertrain ho avuto la possibilità, di prendere parte al gruppo di sviluppo del progetto riguardante l'installazione di una nuova linea per l'assemblaggio di una trasmissione per un nuovo modello di macchina elettrica. Come già affrontato nei capitoli precedenti, l'introduzione di nuovi processi viene presa in carico dal pilastro *Early Equipment Management*, il quale ha il compito di fornire alla progettazione le informazioni che provengono dalla realizzazione di impianti uguali o simili, rilevare le possibili problematiche di manutenzione e di produzione, analizzare le criticità dell'impianto ed effettuare i controlli in merito a qualità e sicurezza.

Nel periodo da me passato con il team, ho potuto vedere come vengono messi in pratica i primi quattro step, ovvero dalla pianificazione alla costruzione dell'impianto. Installazione, prove di produzione e avviamento, ovvero i passaggi finali, verranno effettuati infatti a partire da settembre 2021, poco prima dell'inizio della produzione vera e propria e non verranno quindi analizzati in quanto ancora non portati a termine.

Infine, per motivi di Privacy, non verrà mai nominato il cliente finale del prodotto, in quanto il progetto è ancora in fase realizzativa ed è soggetto a Copyright.

5.1 Step 0: Reason why of the project

Il progetto di installazione della nuova linea nasce nel 2017 dalla vittoria, da parte di FPT Powertrain, dell'appalto creato dall'azienda committente. Questo consisteva nel creare una proposta per la realizzazione di una trasmissione per un motore elettrico, da montare su un veicolo che sarebbe dovuto uscire sul mercato nel giro di tre anni.

La proposta dell'impresa per rispondere all'offerta consisteva nella realizzazione di una trasmissione, visibile in Figura 57, integrata al motore elettrico e fatta in modo che l'assale avesse il differenziale aperto.

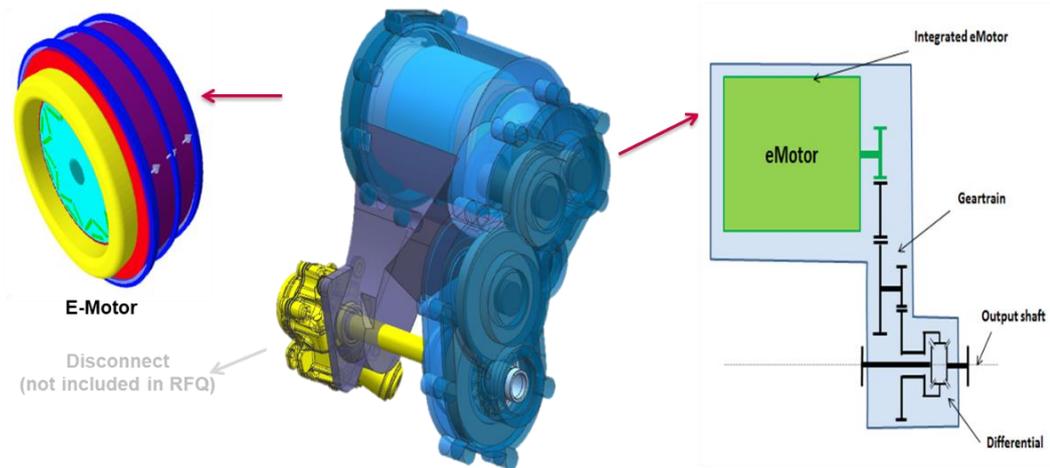


Figura 57: Presentazione del prodotto

Inoltre, il fattore NVH²⁴, nel design del prototipo del prodotto, era stato definito come il parametro chiave e di fatti l'affidabilità era stata pensata di circa 240000 km, ossia circa 10 anni.

5.1.1 Panoramica di produzione

La proposta fatta da FPT comprendeva anche la definizione della massa, del rapporto di trasmissione, della lubrificazione e del raffreddamento, della coppia massima dell'asse, della coppia massima in ingresso e in uscita, della potenza massima e della velocità massima, del voltaggio, del range di temperature raggiungibili e infine dell'impermeabilità.

Oltre alla descrizione del prodotto che si proponeva di realizzare, è stata eseguita una panoramica della possibile produzione:

- per prima cosa si è partiti col pensare alle possibili fasi di produzione e si è pensato ad una prima operazione di assemblaggio manuale attraverso l'uso di alcuni dispositivi tecnologici e attrezzature semiautomatiche per garantire il pieno controllo del processo e la tracciabilità delle caratteristiche chiave (raccordi a pressare, sequenza di avvitamento, sequenza di montaggio), seguita da un test di tenuta e test finale NVH e conclusa da un test funzionale del motore elettrico secondo le esigenze del cliente.
- in secondo luogo, si è pensato alla possibile modalità di assemblaggio necessarie, ovvero sia a che attrezzatura usare, sia a come assemblare le scatole con gli ingranaggi. L'assemblaggio è stato inizialmente pensato come un banco manuale dove gli operatori, attraverso l'uso di attrezzature semi automatiche, montano i cuscinetti e gli

²⁴ Il fattore NVH (Noise, Vibrations, Harshness) serve per indicare la rumorosità, le vibrazioni e la durezza di un prodotto.

ingranaggi. L'avvitatura deve essere comunque eseguita tramite avvitatore elettronico con controllo del processo e tracciabilità.

- in terzo luogo, si è pensato ai test possibili di qualità, ovvero al test di tenuta, al backlash test, alla prova di tenuta olio e al controllo finale della coppia, del freno motore, dell'NVH e del rispetto delle caratteristiche richieste dal cliente.
- infine, si è abbozzato un layout dell'area, identificando la possibile posizione dell'area kit, le fattezze dei trolley dei kit e la forma del posto di lavoro.

5.1.2 Panoramica dei costi e dei tempi

Sono stati quindi presi in considerazione preventivamente i costi e i tempi di produzione che si avrebbero ipoteticamente potuti avere grazie all'esperienza ottenuta dall'implementazione di altre linee. In queste due analisi si è inoltre tenuto conto delle cinque caratteristiche principali richieste dal cliente, ovvero del fatto che il dispositivo di disinserimento (colorato in giallo in Figura 57) non deve essere considerato nella valutazione mentre il suo supporto (in viola in Figura 57) è integrato nell'alloggiamento del motore, e quindi va preso in esame. Inoltre, ad essere esclusi dalla valutazione sono anche l'inverter e il sistema di raffreddamento dell'olio con pompa. Infine, il motore non viene prodotto nello stabilimento ma viene acquistato direttamente dal committente stesso ed assemblato con la trasmissione; il committente, quindi, oltre ad essere il fornitore è anche l'acquirente dell'assemblato.

L'analisi economica è stata effettuata considerando tre scenari differenti, uno per ogni tipologia di trasmissione richiesta. Il primo scenario è stato realizzato considerando una trazione anteriore ibrida, il secondo esaminando sempre una trazione anteriore ma totalmente elettrica e l'ultimo considerando una trazione posteriore anch'essa solo elettrica.

Per l'analisi preventiva dei tempi di lavorazione di ogni stazione, come detto, ci si è basati molto su quelli relativi alle postazioni già presenti in stabilimento e sono riportati in Figura 58.

FAM.	DESCRIZIONE	TC [min]	NOTE
ASS. FRONT Hybrid	Preparazione Alberi	9	Fonte: Dual Engine
ASS. FRONT Hybrid	Preparazione Scatole	29,1	Fonte: Dual Engine
ASS. FRONT Hybrid	Preparazione differenziale	9	Fonte: SPR 4517
ASS. FRONT Hybrid	Misurazione	12,0	Fonte: Ciclo new
ASS. FRONT Hybrid	Complessivo	37,7	Fonte: Ciclo new
KIT FRONT Hybrid	Movimentazione varie (kit , carrelli)	6	Fonte: Dual Engine
PRE-TEST FRONT Hybrid	Back Lash	15	Fonte: Dual Engine
PRE-TEST FRONT Hybrid	Prova tenuta	6	Fonte: 2840.6
PRE-TEST FRONT Hybrid	Riempimento olio	1,5	Fonte: 2840.6
TEST FRONT Hybrid	Test	16,5	Fonte: 2840.6
SHIPPING FRONT Hybrid	Spedizione / movimentazione	10	
TOT		151,8	

Figura 58: Valutazione dei Tempi

È stata individuata, inoltre, la zona nello stabilimento in cui andare ad installare la linea e come approssimativamente andare ad installare le varie postazioni, visibile evidenziata in giallo in Figura 59. Il posto in questione è in un'ala del Plant Driveline – Cambi, all'interno del terzo edificio.

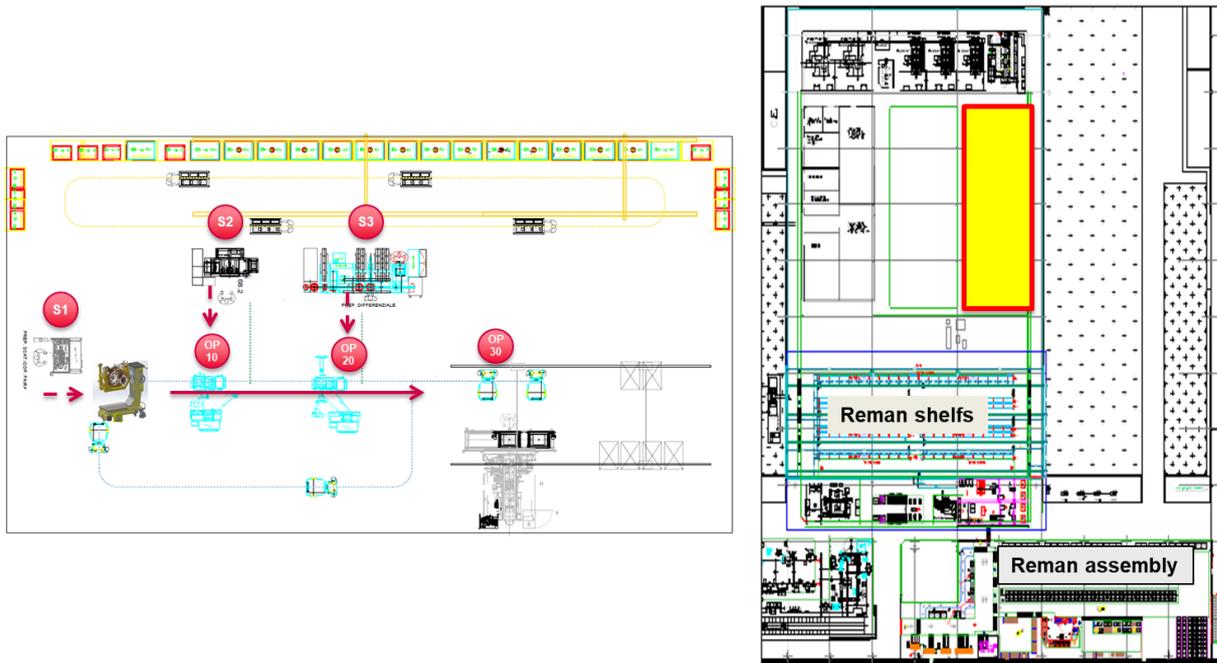


Figura 59: Il Layout ipotetico e il flusso operativo

Idealmente, il flusso del materiale all'interno della linea di assemblaggio dovrebbe essere il più lineare possibile. Per questa ragione si sono andate a posizionare le operazioni di montaggio in sequenza dalla preparazione al testing. In particolare, come si può vedere in Figura 59, le operazioni sono state divise in tre sottogruppi:

- *Preparazione*, che può essere riferita a:
 - o *Scatole*, consistente nell'inserimento delle piste dei cuscinetti, dei coperchi e dell'avvitatura delle piastrine (S1);
 - o *Alberi*, consistente nell'introduzione dei cuscinetti e dal calettamento delle ruote dentate, nonché dalla preparazione dei gruppi riduttore epicicloidali (S2);
 - o *Differenziale*, ovvero la preparazione dei satelliti e dei planetari e l'avvitatura della corona (S3).
- *Assemblaggio*, diviso a sua volta in due operazioni:
 - o Nella prima operazione (OP 10) viene portata, attraverso l'uso di un carrello, la scatola previamente preparata su cui vengono montati gli alberi e i ruotismi;
 - o Nella seconda operazione (OP 20), invece, vengono inseriti il differenziale, l'inverter, lo scambiatore e la pompa olio.

- *Prova*, nella quale si effettuano test relativi a alla verifica delle funzionalità corrette e ai valori NVH (OP 30). In particolare, il testing viene effettuato su:
 - o Tenuta d'aria;
 - o Tenuta d'olio;
 - o Test del motore elettrico;
 - o Test sul contraccolpo;
 - o Rumorosità, vibrazioni e durezza

Queste fasi operative sono state ipotizzate in base all'esperienza maturata dall'azienda nel corso degli anni sulla linea di assemblaggio cambi, presente all'interno dello stabilimento, essendo questo molto simile al nuovo prodotto che si vuole commercializzare.

All'inizio della linea è stato posizionato il punto di preparazione scatole, le quali finiscono ad asservire direttamente la prima operazione di assemblaggio. In questo banco di lavoro sfociano anche i kit finiti della preparazione alberi e una volta montato sulla scatola si passa all'operazione successiva, nella quale collimano direttamente i differenziali precedentemente assemblati nella zona di preparazione S3. Una volta assemblato il tutto si passa alla fase di testing, la quale delibera il motore in caso funzioni tutto correttamente.

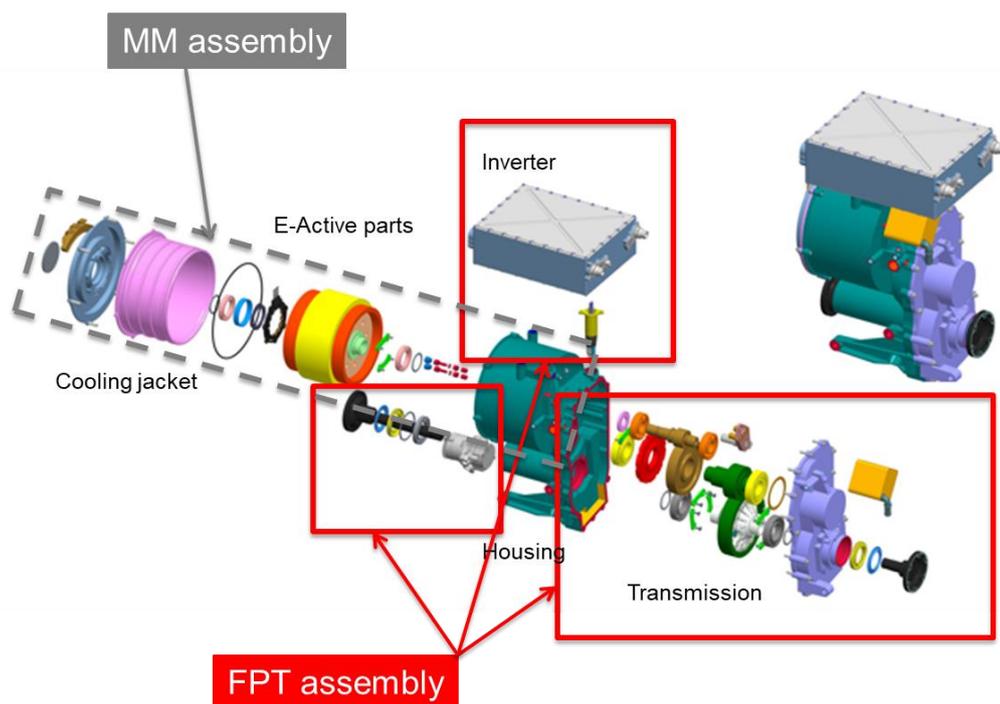
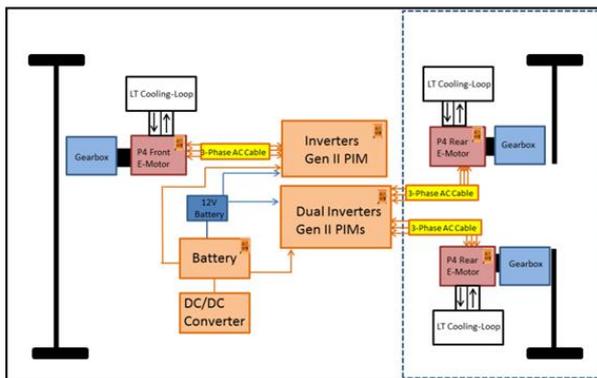


Figura 60: I componenti della trasmissione

In figura possiamo vedere lo spaccato della trasmissione nei vari componenti. Le parti cerchiare in grigio sono quelle fornite direttamente dalla ditta commissionante, mentre le parti riquadrate in rosso sono quelle direttamente installate da FPT Powertrain.

5.2 Step 1: Main requirements

Una volta vinto l'appalto, l'azienda committente ha comunicato per intero i dettagli del progetto. Il veicolo avrebbe dovuto avere le caratteristiche mostrate in Figura 61, e la soluzione da adottare per ottenerle avrebbe dovuto essere l'implementazione di tre motori elettrici, due posteriori e uno anteriore, ciascuno montato su di una trasmissione.



Vehicle performance requirements and features	
Battery capacity	66 Ah pouch cell
Battery voltage	800 V
Max Peak Power	600 kW
Max Vehicle Speed	310 km/h (> 10 s)
0 - 100 km/h	< 2.5 s
Rolling radius	333 mm
¼ mile	< 10.5 s
Vehicle mass	< 1850 kg
Nurburgring lap time	< 7' 25"

Component's reliability requirement is 10 Years, 150.000 miles / 240.000km.
Minimum Reliability and Confidence demonstration: R90 / C90.

E- Motor characteristics	
Description	Specification
Voltage range	525 – 800 V
Peak power	> 200 kW
Max torque (up to 4600 rpm)	> 430 Nm
Peak/Continuous power at 14800 rpm	>150 kW / >85 kW
Continuous torque at 14800 rpm	> 55 Nm
Full performance temperature	-40°C to 150°C
Internal active length	110 mm
External max length	170 mm
Internal active diameter	240 mm
External diameter	260 mm
Target mass	40 kg

Figura 61: Architettura, motori elettrici e prestazioni richieste

5.2.1 Le funzionalità e i componenti

La funzione primaria del sistema di trasmissione elettrico (*e-Axle*) è quella di fornire la potenza e la coppia richieste alle ruote in conformità con gli obiettivi di prestazione del veicolo elencati nella figura precedente. Come detto gli *e-Axles* richiesti dal cliente sono:

- Nella parte anteriore un motore elettrico (EM) e una trasmissione di riduzione con differenziale aperto.
- Nella parte posteriore due motori elettrici (EM) e due riduttori indipendenti, uno per ogni albero di uscita.

L'azienda committente, come già detto nella gara d'appalto, è responsabile della progettazione, selezione e approvvigionamento degli EM (motori elettrici); a FPT, quindi, viene richiesto la sola implementazione dell'EM scelto nel sistema di trasmissione, sistema che deve essere del tipo a velocità singola. Inoltre, deve includere i seguenti componenti:

- Motore elettrico

- Trasmissione di riduzione
- Differenziale aperto (solo per la parte anteriore)
- Alberi di uscita
- Connettori
- Sistema di lubrificazione
- Boccole di gomma
- Cuscinetti del cambio e degli alberi
- Guarnizioni di ingresso e uscita
- Tappi di riempimento e scarico dell'olio
- Alloggiamento
- Sfiato
- Sensori
- Sistema di blocco del parcheggio (solo per l'anteriore)
- Materiale fonoassorbente

Una caratteristica importante richiesta dal cliente è la posizione dello sfiato, la quale deve essere progettata in modo da evitare l'ingestione di fluidi dell'ambiente esterno (es. acqua, ecc.) o l'espulsione di fluidi e l'inserimento di un sistema di deflettori, preferito per l'uso di un dispositivo di sfiato a due vie (es. Gore Vent).

5.2.2 L'analisi di mercato e le tempistiche

Come detto nel paragrafo relativo allo Step I EEM, una corretta analisi di mercato è fondamentale per la progettazione delle nuove attrezzature; in particolare, in questo caso, è indispensabile eseguire una previsione delle vendite, in quanto permette di stimare la capacità prevista della linea e quindi di dimensionarla in base all'esigenza (visibile in Figura 62).

Grazie a quest'analisi è stato quindi possibile stabilire il volume complessivo, in termini di unità, che l'impianto avrebbe dovuto produrre (tra le 5.000 e le 7.000), il picco massimo di unità prodotte per anno (tra le 1.000 e le 1.800) e gli anni di vita degli impianti (tra i 5 e gli 8).

<i>Global</i>	2020	2021	2022	2023	2024	TOTAL
ALFIERI	700	1.300	1.100	1.000	900	5.000
BEV 720kw AWD	700	1.300	1.100	1.000	900	5.000
<i>North America</i>						
ALFIERI	300	550	450	430	407	2.137
BEV 720kw AWD	300	550	450	430	407	2.137
<i>Europe</i>						
ALFIERI	200	450	380	330	280	1.640
BEV 720kw AWD	200	450	380	330	280	1.640
<i>China</i>						
ALFIERI	70	110	100	90	70	440
BEV 720kw AWD	70	110	100	90	70	440
<i>ROW</i>						
ALFIERI	121	198	182	160	146	807
BEV 720kw AWD	121	198	182	160	146	807

Figura 62: Analisi dei volumi di vendita

Come già accennato nella proposta di appalto, l'affidabilità del prodotto richiesta è di dieci anni, ossia tra i 150.000-240.000 km.

Per quanto riguarda le tempistiche, si era pensato di avere una demo funzionale in circa un anno (Maggio 2018) e di eseguire il lancio della Beta per Giugno 2018. Successivamente nell'Agosto sempre di quell'anno era stata messa la scadenza per l'approvazione del programma del progetto e in ottobre la data di lancio della fase Gamma. Infine, per luglio 2021 si era programmato l'inizio della produzione (Start Of Production – SOP).

In Figura 63 è possibile vedere la linea temporale riferita all'implementazione dei primi 5 step EEM.

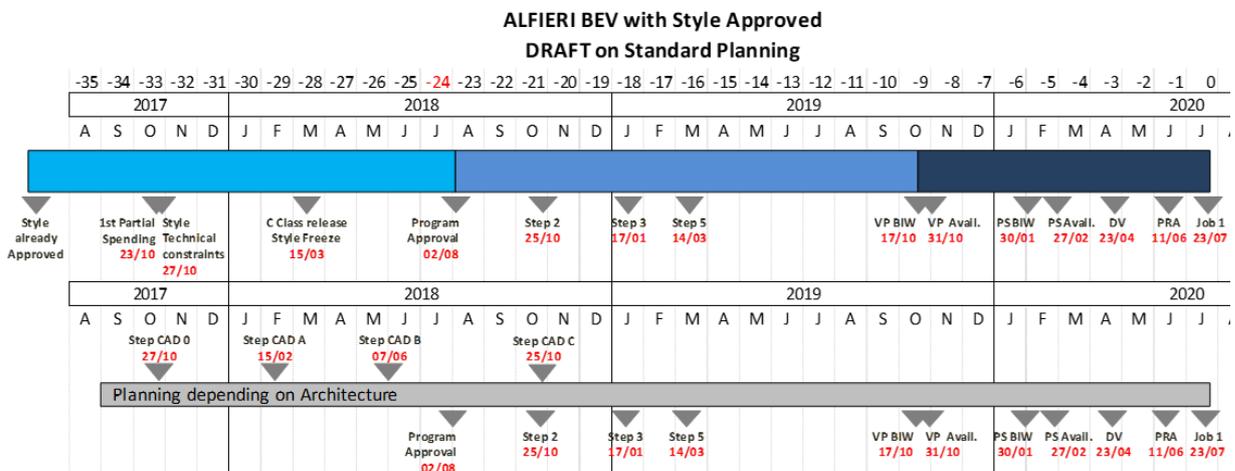


Figura 63: Planning della messa in pratica degli Step EEM Ante Covid-19

A causa della pandemia Covid-19, queste scadenze mostrate non sono state rispettate appieno, in quanto il progetto è stato bloccato per tutto il 2020 ed è stato ripreso soltanto all'inizio del 2021. Il programma rifatto durante la Pandemia è visibile in Figura 64.

5.2.3 Specifiche tecniche

In ogni fase della progettazione (mule, test invernale, test off-road, FDV, VP e PVP, ecc.), sono stati forniti all'ingegneria dell'impresa committente i rapporti dei test condotti²⁵ al fine di essere valutati e approvati.

La massa target per l'e-Axle completo (inclusi olio e fluidi) concordata, quindi, è stata di 70 kg per l'anteriore e 120 kg per il posteriore, suddivisi come segue:

- Massimo 40 kg per il motore elettrico (nel caso della trazione posteriore il peso vale per ciascuno dei due EM)
- Massimo:
 - o 30 kg per la trasmissione anteriore compreso differenziale, carter, fluidi, tappi, sfiato e flange, blocco di parcheggio;
 - o 40 kg per la trasmissione posteriore compreso l'alloggiamento, i fluidi, i tappi, lo sfiato e le flange.

È stato concordato, inoltre, che la trasmissione doveva garantire un rapporto di riduzione tra i 6.0 e i 10.0 punti in quanto sarebbe stato il cliente stesso a comunicare a FPT Powertrain il rapporto preferito in questo range una volta definito il progetto del Motore Elettrico.

Come già accennato precedentemente, la progettazione del sistema di lubrificazione era a carico del fornitore; nel caso di lubrificazione a getto, avrebbe dovuto essere prevista una protezione per una pompa dell'olio nel caso in cui venisse richiesta una lubrificazione forzata durante la fase di sviluppo.

La trasmissione, infine, è stata dotata di un sistema di raffreddamento attivo del rotore e degli avvolgimenti con olio combinato con acqua/glicole per lo stack dello statore. Non è stato previsto alcun cambio d'olio programmato, il suo utilizzo è previsto a vita.

5.2.3.1 Assale anteriore e posteriore

Sia l'e-Axle anteriore che quello posteriore sono stati progettati in modo da permettere il recupero di energia durante la frenata.

²⁵ I test in questione riguardavano la trazione e maneggevolezza in condizioni di fuoristrada, a basso, medio e alto sforzo.

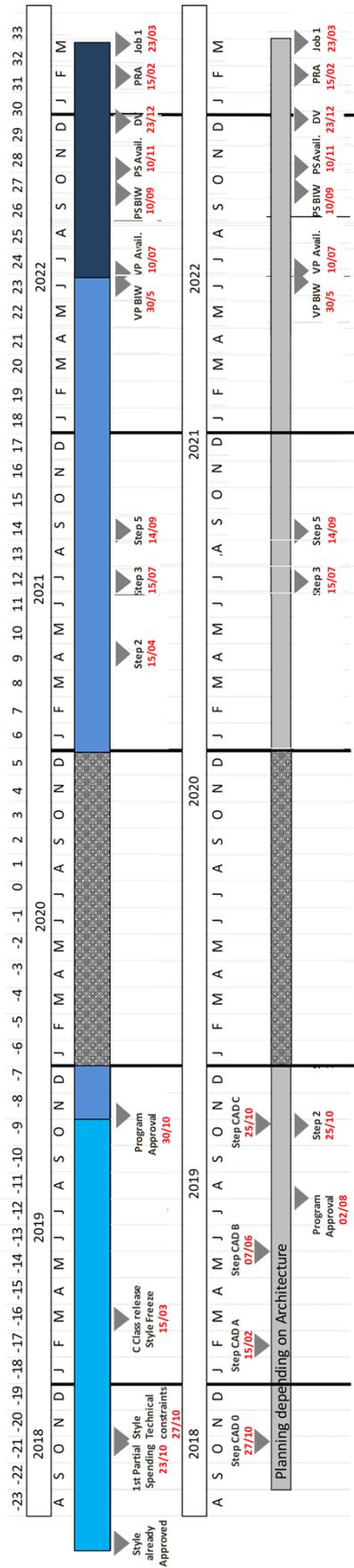


Figura 64: Planning della messa in pratica degli Step EEM Post Covid-19

Dal momento che la coppia passiva e le caratteristiche di potenza devono essere speculari a quelle attive, si deve considerare una coppia negativa massima di 2500 Nm per l'assale anteriore e di 6000 Nm per quello posteriore. L'e-Axle è destinato, in entrambi i casi, all'uso del Torque Vectoring²⁶ (TVC).

Il gioco totale tra le parti assemblate deve essere misurato a fine linea sul 100% degli assali prodotti. Il gioco massimo ammissibile deve essere concordato con la Driveline Engineering del cliente, così come l'equilibratura degli alberi di uscita, la quale può essere richiesta come processo di End Of Line.

Nell'e-Axle anteriore sarà presente il sistema di blocco durante il parcheggio, in modo da impedire al veicolo di muoversi quando è parcheggiato. Se non diversamente concordato con il committente, questo sistema di blocco deve essere in grado di bloccare il veicolo fino ad una pendenza del 30% e in aggiunta, quando il veicolo sta rallentando su un terreno pianeggiante, ad una velocità di 2 km/h il blocco del parcheggio deve inserirsi senza vibrazioni.

5.2.3.2 NVH

Il rumore meccanico e magnetico dei componenti è stato gestito secondo le norme di prova IS3745. Il rumore, quindi, è stato quantificato come potenza sonora ponderata lineare ed espresso in formato dB: il test del rumore è stato eseguito a temperatura ambiente in una camera emi-anecoica con una frequenza di taglio superiore a 300 Hz e tutti i risultati sugli assetti di ingranaggio sono stati analizzati per verificare che fossero al di sotto delle soglie che definite dal committente.

Avrebbe potuto essere richiesto a FPT, inoltre, di introdurre materiale insonorizzante sull'alloggiamento dell'asse anteriore se i requisiti NVH di cui sopra non fossero stati soddisfatti. La scelta del materiale e il design avrebbero dovuto essere concordati con il cliente sulla base della sensibilità del veicolo.

I banchi a fine linea (End Of Line – EOL) avrebbero dovuto essere in grado sia di identificare le unità con prestazioni NVH inaccettabili in termini di rumore di fruscio, sia classificare le unità e di conseguenza identificare gli assi BOB (Best Of Best) e Worst Of Worst (WOW) sempre in termini di rumore di fruscio, sia infine rilevare un comportamento NVH anomalo o un rumore insolito. Oltre a ciò, il banco EOL avrebbe dovuto essere in grado di rilevare dall'e-Axle anteriore la temperatura dell'olio e la velocità e la coppia rappresentative delle condizioni critiche del veicolo.

²⁶ Il controllo dinamico della trazione (TVC) serve per ottimizzare e bilanciare la coppia motrice tra le ruote di uno stesso asse. Questo controllo migliora l'aderenza in curva inviando più coppia motrice alla ruota esterna utilizzando informazioni quali l'angolo di sterzata e sfruttando vari sensori come quelli di imbardata e di velocità.

5.2.4 Diagramma di flusso dell'assemblaggio

Per quanto riguarda il flusso di movimentazione dei materiali all'interno della linea si è modificato quello proposto per la gara di appalto: le tre operazioni viste precedentemente, ovvero *Preparazione*, *Assemblaggio* e *Prova*, rimangono le stesse ma, a differenza del flusso precedente, i rispettivi kit di montaggio asserviranno sia la linea delle due trasmissioni posteriori, sia la linea della trasmissione anteriore. In aggiunta, dopo la fase di prova è stata inserita una ulteriore fase di *Finitura* (o *Dressing*), nella quale tutte le parti di minuteria vengono aggiunte manualmente al motore. Infine, è presente il *Buy-off* per verificare che siano state correttamente assemblate tutte le parti. È possibile vedere il flusso descritto in Figura 66.

5.2.5 Analisi dei costi, dei tempi e dell'area di installazione

Come visto, l'analisi degli investimenti è fondamentale nei progetti di EEM. Anche in questo caso, quindi, è stata fatta una analisi dei costi necessari per l'acquisizione dei materiali, macchinari e per la gestione del flusso del materiale.

Description	Investment (k€)
Assembly	960
shafts pre-assembly bench	100
gear housing pre-assembly bench	120
electric motors assembly bench	80
differential assembly bench	60
complete transmission assembly bench	100
tightening systems	100
handling systems for subgroups and complete transmission	100
other assembly tooling	50
camera and others objectivation devices	100
traceability equipment	150
Test	1380
backlash measurement bench	80
E.O.L. test bench (including leak-test, oil filling, NVH analysis)	1300
Handling and Logistics	280
packaging for components	65
racks for delivery	65
Hooks and handling devices	40
trolleys for kit and components	30
shelves and feeding equipment (warehouse and assy line)	80
Building and utilities	300
Cranes and structures	75
Ri-layout area and perimetral fence	75
lights	55
resin floor assembly area	50
new oil equipment	25
electric and pneumatic links	20
ICT	130
sw development for PMS and traceability	80
bar code/ datamatrix reader an printers	50
Totale capex	3050
Start-up and try-out	200
Totale	3250

Figura 65: Analisi degli investimenti

I costi visibili in Figura 65 sono stati ricavati sia attraverso la richiesta di preventivi alle diverse aziende fornitrici, sia dall'analisi degli investimenti passati in attrezzatura simile.

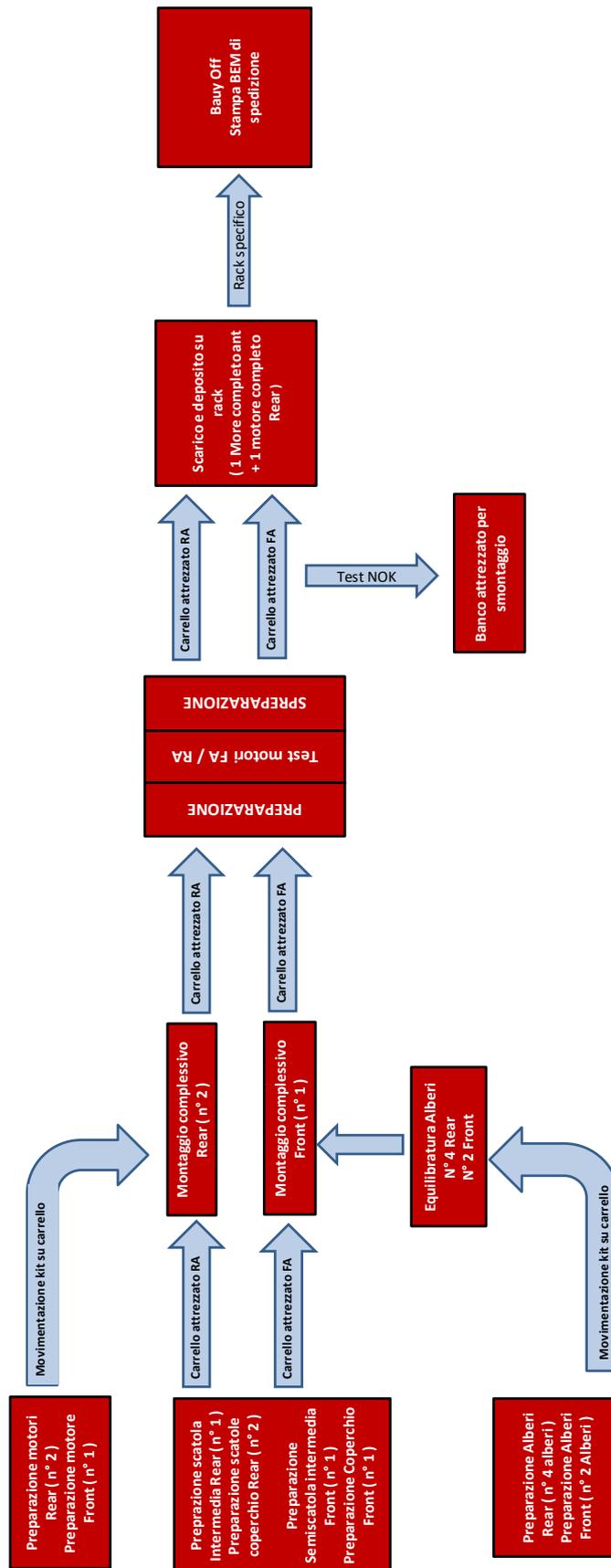


Figura 66: Il flusso teorico di materiale all'interno della linea

Per l'analisi delle tempistiche, invece, si è partiti dall'obiettivo di produzione imposto dal committente, ovvero 1920 trasmissioni al mese, e si sono ricavati i tempi per ogni macro-postazione all'interno della linea:

- assemblaggio trasmissione anteriore,
- assemblaggio trasmissione posteriore,
- testing trasmissione anteriore e posteriore.

In più sono stati considerati anche i tempi di consegna (Figura 67).

ATTIVITA'	TC [min]	FABB.	ADDETI
ASS. FRONT	112	0,6	
ASS. REAR	177	1,0	2
TEST FRONT	22	0,1	
TEST REAR	35	0,2	
SHIPPING FRONT	10	0,05	0,1
SHIPPING REAR	10	0,05	
TOT	366	1,96	2,11

	CdC	TOT [h]	€/h	Costo [€]
ASSEMBLY & TEST	121010	6,2	31,6	196,2
SHIPPING	121008	0,3	31,6	10,5
TOT [h]		6,5		
TOT [€]				206,8

Figura 67: Tempi di processo

Infine, per quanto riguarda l'area di installazione è stata mantenuta la stessa proposta nella prima gara d'appalto esposta nel capitolo precedente (Figura 59).

5.3 Step 2: Basic Design and CD

Per individuare il layout ideale della linea di produzione è stata indetta una gara di appalto. Alla gara hanno partecipato sei aziende ed è stata scelta la soluzione ritenuta più efficace sia dal punto di vista logistico (minima movimentazione di prodotto, materiale e operatori), sia da quello di flessibilità, sia da quello dei costi.

La linea richiesta nell'appalto si compone di undici postazioni:

- le prime tre riferite alla preparazione alberi, scatole e differenziale,
- la quattro, la cinque, la sei e la otto necessarie per l'assemblaggio dei componenti all'interno delle semi-scatole di trasmissione (4, 5, 6 per gli anteriori e la 8 per i posteriori),
- la sette è adibita all'unione delle semi-scatole di trasmissione superiore con quella inferiore
- infine, la postazione nove permette di andare ad effettuare il "dressing" della trasmissione, ovvero il montaggio di tutti i componenti esterni alla scatola.

Ogni partecipante, quindi, aveva il compito di ideare il layout che riteneva più opportuno per rendere fluido sia il flusso di montaggio che quello logistico.

5.3.1 Proposta GEFIT

La prima proposta valutata è stata quella della ditta produttrice della linea più efficiente presente all'interno dello stabilimento, ovvero la linea di assemblaggio cambi.

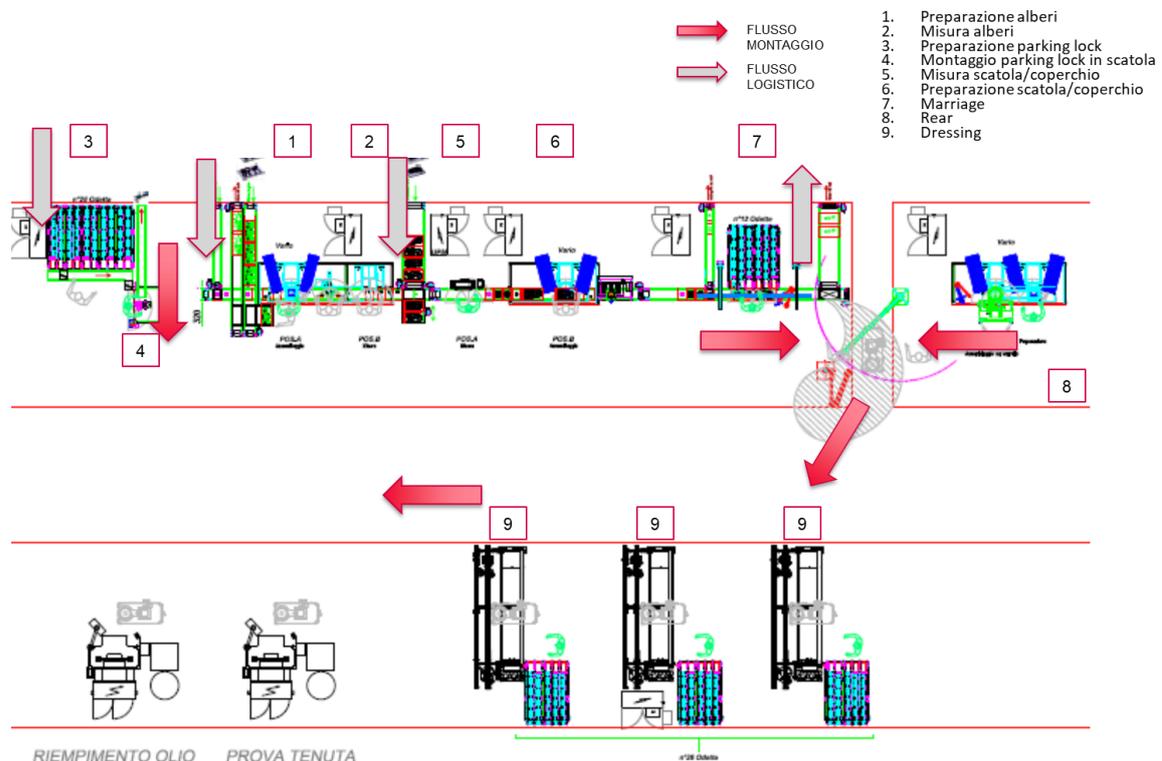


Figura 68: Proposta layout GEFIT

La proposta della GEFIT presenta alcuni principali vantaggi: possiede infatti l'ingresso e l'uscita dei materiali in comune, permette alta flessibilità nella fase del dressing, in quanto si dispone

di tre stazioni in parallelo, adattabili a qualsiasi tipo di trasmissione e infine possiede due ingressi separati per alberi e scatole, in modo da rendere il processo di montaggio just in time. Gli svantaggi, invece, sono l'obbligo di travaso su pallet dei kit di montaggio alberi e quindi la conseguente necessità di movimentazione manuale di questi con carrello e soprattutto l'obbligo di ribaltamento della scatola di trasmissione comprendente di albero durante la fase di dressing.

5.3.2 Proposta THYSSENKRUPP

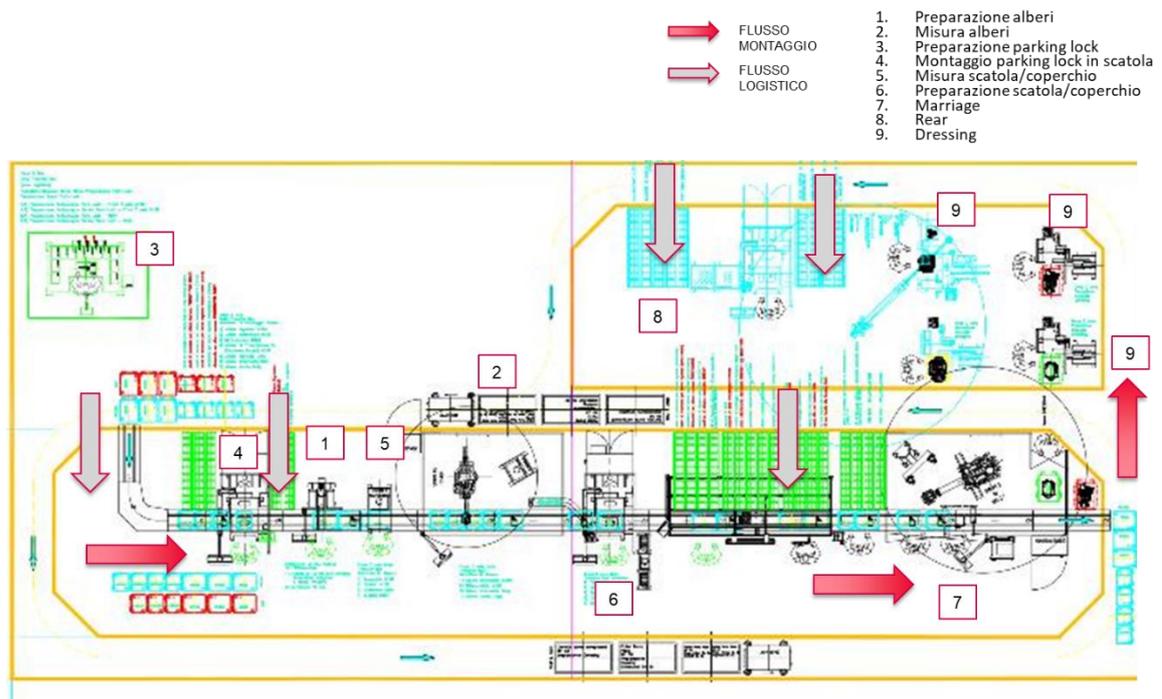


Figura 69: Proposta layout THYSSENKRUPP

La proposta della ThyssenKrupp, visibile in Figura 69, è stata studiata con un fronte logistico unico in cui le varie stazioni vengono asservite mediante trolleys porta elementi a carico cliente, sui quali vengono allocati i pezzi da asservire. I pallet porta pezzo saranno quindi trasportati con AGV alle stazioni di processo di riferimento e verranno allestiti in un'area dedicata per diminuire i tempi di attesa. Il passaggio da linea di montaggio ad area dressing in questo caso verrebbe effettuato da un robot.

Il problema principale identificato nella linea è la maggior quantità di Manual Handling: come nel caso precedente è necessaria la movimentazione manuale degli alberi di trasmissione dal pallet di montaggio al pallet con gli altri componenti. Inoltre, a non convincere troppo è anche l'organizzazione della stazione di montaggio parking lock, il sistema di bloccaggio del veicolo durante la fermata.

5.3.3 Proposta MASMEC

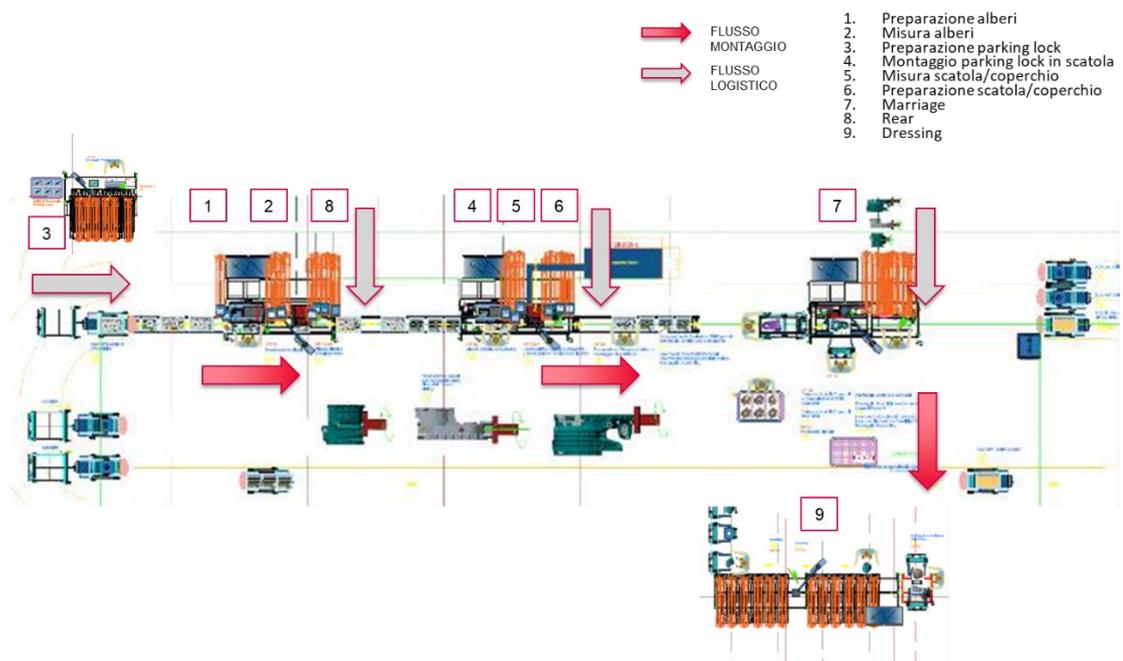


Figura 70: Proposta layout MASMEC

L'area occupata dalla linea con layout ad anello, mostrata in Figura 70, è di 36 metri di lunghezza e 8,5 metri di larghezza. Il trasporto dei pallet è stato previsto mediante fly-roller liberi e i banchi di lavoro semiautomatici. Il ritorno dei pallet è garantito da AGV, a carico dell'impresa committente, che si occuperanno di prelevare i pallet vuoti dal tratto finale e di riportarli in area kitting, per la preparazione di tutti i macro-componenti, e successivamente l'AGV stesso dovrà riportare i pallet sul tratto iniziale della linea.

Anche in questo caso il fronte logistico risulta unico, e l'allestimento dei pallet di montaggio avverrebbe in area kit. A differenza delle altre linee, però, questa soluzione presenta lo svantaggio di avere il passaggio delle trasmissioni anteriori e posteriori sulla stessa linea, aumentando così le perdite di produttività riferite ai cambi tipo, oltre a prevedere un unico ordine di attraversamento delle scatole di trasmissione da inizio linea.

5.3.4 Proposta AISI

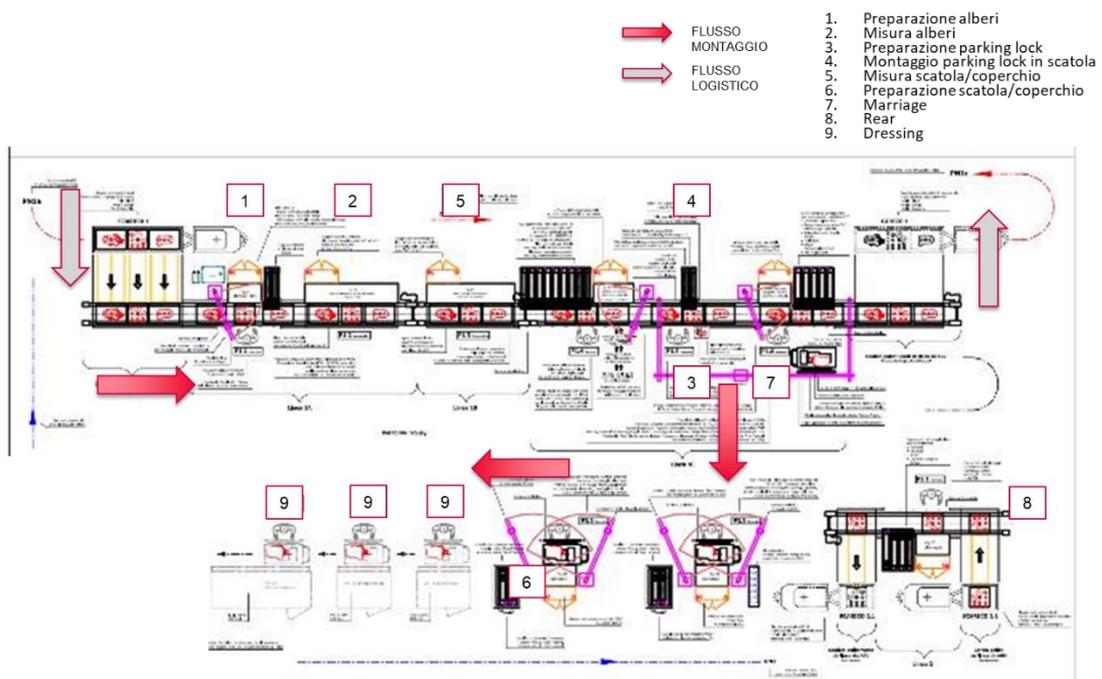


Figura 71: Proposta layout AISI

In questa proposta le stazioni di assemblaggio sono state dotate di un ingresso Pallet Kit specifico, che proviene dall'area KIT tramite AGV, sul quale verranno posizionati tutti i componenti da assemblare, compresi i cuscinetti, tranne la minuteria (viti, anelli elastici ...). Il differenziale "Front" arriverebbe pre-assemblato nei suoi componenti interni (satelliti, ralle, planetari) e verrebbe anche preassemblato il sottogruppo semiassa lungo. Anche in questo caso il fronte logistico sarebbe unico e le postazioni parallele dell'area dressing darebbero maggiore flessibilità.

A discapito di ciò, verrebbero utilizzati un maggior numero di pallet al fine di garantire la continuità delle attività operatorie e si avrebbero molte movimentazioni in linea tramite paranchi e manipolatori.

5.3.6 Proposta TEKNOALFA

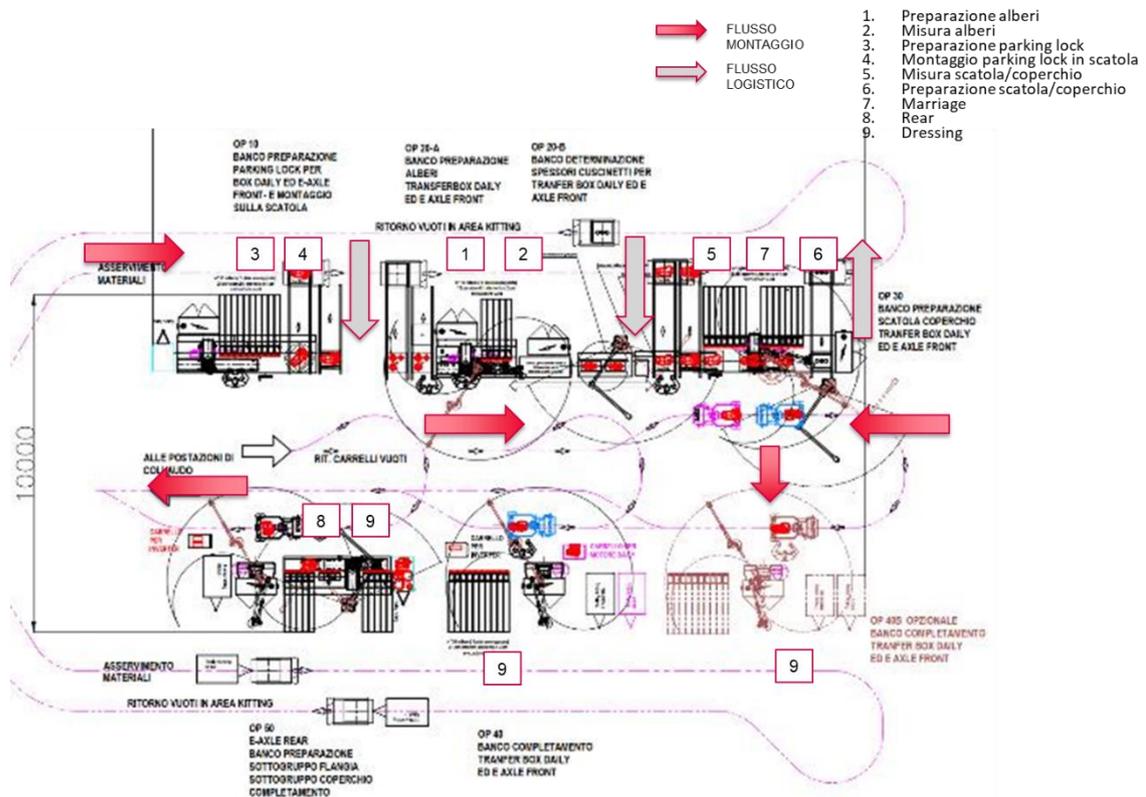


Figura 73: Proposta layout TEKNOALFA

La soluzione proposta, sviluppata per la bassa produzione come richiesta in questo caso, prevedeva il montaggio dei sottogruppi su delle postazioni debitamente attrezzate e l'installazione della Trasmissione su un carrello spostato manualmente. Il carrello è stato concepito sia per permettere di spostare la trasmissione installata su di esso in altezza, al fine di adattare l'area di lavoro alla posizione ergonomica, sia di ruotarla attorno all'asse orizzontale.

Il carrello (servoassistito) avrebbe dovuto, quindi, essere spostato manualmente. Ogni postazione di lavoro sarebbe stata dotata di un "modulo TKA standard attrezzato" per il supporto di quadri elettrici, pannello pneumatico, pannello operatore, utensili, avvitatore, dispositivi di assemblaggio e quant'altro necessario per completare il processo di assemblaggio previsto nella stazione. I carrelli sarebbero stati dotati di memoria magnetica dove sarebbe stato memorizzato il modello da lavorare. In aggiunta, in prossimità di ogni stazione sarebbero stati forniti banchi di montaggio semiautomatici per la preparazione dei sottogruppi gestiti dallo stesso quadro elettrico e pannello operatore della stazione.

Tutte le postazioni (tranne la postazione per il montaggio del parking lock) avrebbero, infine, dovuto essere alimentate da carrelli kitting trainati e posizionati carrelli elettrici (non compresi

nella fornitura), preparati appositamente nell'aria kit con tutti i componenti necessari per la realizzazione completa delle trasmissioni.

Quindi, il punto forte della linea consisteva nella sua semplicità, data dalla realizzazione delle postazioni di lavoro indipendenti l'una dall'altra. I contro però erano molteplici: i pallet, infatti, richiedevano il travasamento sulle postazioni di lavoro, creando così molteplici movimentazioni manuali dei carichi dal banco al carrello. Inoltre, l'operatore avrebbe dovuto effettuare il ribaltamento della scatola di trasmissione montata, movimento che avrebbe potuto portare problemi ergonomici.

5.3.7 Primo confronto sulle soluzioni tecniche

Per decidere la soluzione migliore da implementare, è stato eseguito un benchmarking tra le sei proposte sopra esposte. Come prima cosa sono stati identificati i pro e i contro di ogni soluzione e in secondo luogo si sono analizzate più nel dettaglio anche le tempistiche necessarie per l'installazione e le conoscenze tecniche necessarie (confronti visibili in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, Tabella 5). Inoltre, ad ogni proposta è stato associato un colore a seconda di quanto la proposta fosse conforme con le specifiche richieste.

Fornitore	Punti Forti	Punti deboli
GEFIT	<ul style="list-style-type: none"> • Fronte logistico comune • Flessibilità dressing (postazioni in parallelo flessibili per tutti tipi) • Ingresso separato alberi/scatole 	<ul style="list-style-type: none"> • Pallet kit alberi richiedono travaso su pallet di montaggio in linea (alberi) • Movimentazione manuale da linea a carrello con manipolatore • Ribaltamenti scatole a carico operatore con manipolatore
THYSSEN	<ul style="list-style-type: none"> • Allestimento pallet di montaggio in area kit • Fronte logistico unico • Flessibilità dressing (postazioni in parallelo flessibili per tutti tipi) • Movimentazione tramite robot da linea a carrello dressing 	<ul style="list-style-type: none"> • Pallet alberi + pallet grappolo • Attraversamento scatole da inizio linea • Movimentazione manual alberi da pallet montaggio a pallet grappolo • Robot per misurazione alberi (doppio handling) • Travaso anelli cuscinetti a postazione skatole • WO –postazione montaggio parking lock in scatola
MASMEC	<ul style="list-style-type: none"> • Allestimento pallet di montaggio in area kit • Fronte logistico unico • Flessibilità dressing (postazioni in parallelo flessibili per tutti tipi) • Progettazione e realizzazione presse, misura (anche opzione prova tenuta) 	<ul style="list-style-type: none"> • Rear sulla stessa linea Front/Daily (cambi tipo) • Attraversamento scatole da inizio linea • Linea preparazione sottogruppi divisa da marriage (più rigida) • Marriage su carrello
A.I.S.I	<ul style="list-style-type: none"> • Allestimento pallet di montaggio in area kit (alberi e scatole) • Fronte logistico unico • Flessibilità dressing (postazioni in parallelo flessibili per tutti tipi) • Misurazioni alberi e scatole in automatico 	<ul style="list-style-type: none"> • Maggior numero di pallet per garantire continuità delle attività operatore • Movimentazione manuale da linea a carrello dressing con manipolatore • Ribaltamenti scatole a carico operatore con manipolatore • Manipolazioni in linea con paranchi
COMAU	<ul style="list-style-type: none"> • Allestimento pallet di montaggio in area kit 	<ul style="list-style-type: none"> • Asservimento materiali non definito • Superficie occupata e lunghezza trasporti • Misurazioni e presse sdoppiate tra diversi tipi Front e Daily
TEKNOALFA	<ul style="list-style-type: none"> • Semplicità – postazioni di lavoro indipendenti 	<ul style="list-style-type: none"> • Pallet kit richiedono travaso su postazioni di lavoro. • Movimentazione manual con manipolatore tra le postazioni • Movimentazione con manipolatore da banco a carrello dressing • Ribaltamenti scatole a carico operatore con manipolatore

Tabella 4: Confronto pro e contro

	GEFIT	MASMEC	THYSSENKRUPP	AISI	TEKNOALFA	COMAU
Offerta Tecnica	Soluzione manuale in linea con quanto richiesto. Da richiedere eliminazione handling da pallet kit a pallet montaggio	Soluzione manuale in linea da rivedere per marriage su carrello e montaggio Rear sulla stessa linea Front/Daily	Soluzione manuale da rivedere per handling misurazioni alberi e gestione anelli cuscinetti	Soluzione manuale in linea con quanto richiesto. Marriage richiede molti handling	Soluzione manuale non in linea con quanto richiesto. La soluzione a banchi prevede molti handling, tutte le operazioni sono manuali	Soluzione manuale non in linea con quanto richiesto per handling, superficie occupata e sdoppiamento presse e misure
Voto	Green	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
Timing (da data ordine)	29 SETTIMANE	10 MESI	8,5 MESI	8 MESI	8 MESI	9 MESI
Voto	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow
Know how specifico (trasmissioni)	Linea Verrone Linea Cambi TO Linea mtg trasmissione WV	Linea mtg iniettori Daimler	Linea mtg cambio Verrone	-	Linea mtg trasmissione Autovaz	-
Voto	Green	Green	Green	Red	Green	Green
Verticalizzazione	Progettazione in sede. Produzione in zona. Montaggio in sede	Progettazione in sede. Produzione in zona. Montaggio in sede	Progettazione e costruzione in Germania. Montaggio a Torino	Progettazione interna ed esterna. Produzione in zona. Montaggio in sede	Progettazione interna ed esterna. Produzione in zona. Montaggio in sede	Progettazione esterna. Produzione esterna. Montaggio esterno
Voto	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
Voto finale	Green	Yellow	Green	Yellow	Red	Red

Tabella 5: Confronto soluzioni tecniche

Da questa analisi si è visto che le soluzioni migliori in quanto sia a rispetto delle specifiche, sia a costi sia a timing erano le prime tre, ovvero quelle proposte da GEFIT, THYSSENKRUPP e MASMEC. Si è richiesto, dunque, a queste tre aziende un'ulteriore proposta, questa volta ancora più focalizzata sul prodotto da produrre e quindi anche sui tempi ciclo di produzione.

5.3.8 Seconda proposta GEFIT

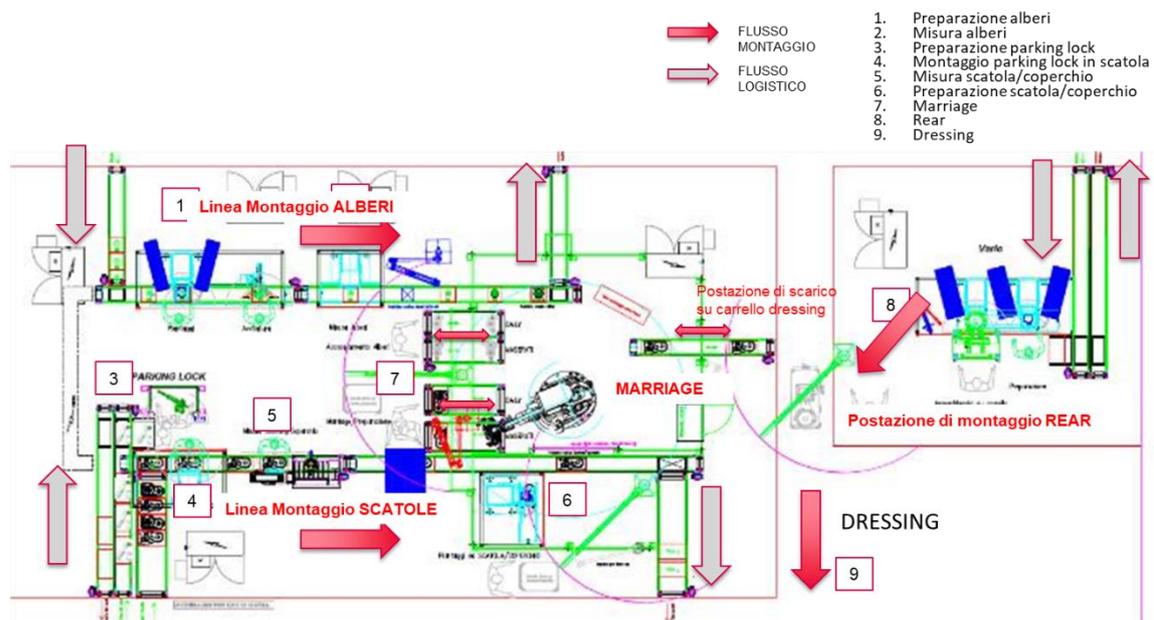


Figura 74: Layout GEFIT specifico

In questa seconda proposta sono state ideate due linee parallele, una per il montaggio alberi e la seconda per il montaggio delle scatole. L'allestimento dei pallet di montaggio sarebbe dovuto avvenire, esattamente come le proposte precedenti, in un'area kit direttamente in linea. Dopo la preparazione, avveniva quindi il marriage eseguito grazie all'implementazione di una cella robotizzata con robot antropomorfo e quindi eliminando la movimentazione manuale delle scatole di trasmissione. Questo passaggio permetteva la riduzione dei tempi di montaggio e quindi l'aumento di produttività ma andava a formare un importante collo di bottiglia in quanto il robot sarebbe stato saturo per la maggior parte del tempo.

5.3.9 Seconda proposta THYSSENKRUPP

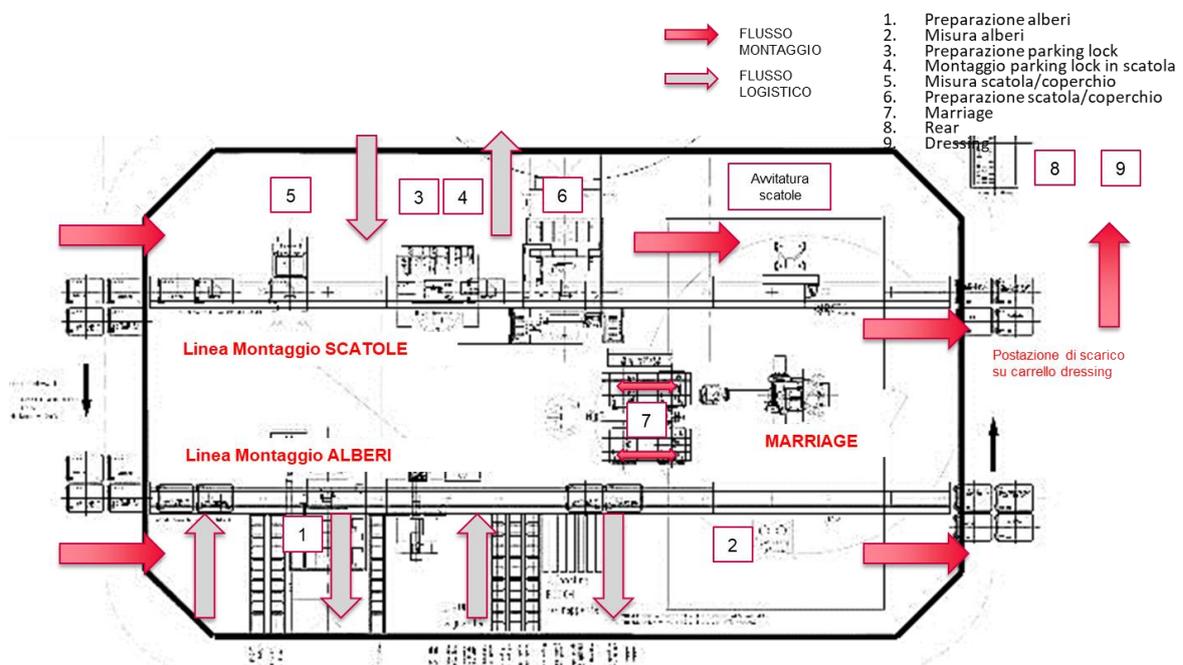


Figura 75: Layout THYSSENKRUPP specifico

La seconda proposta del gruppo tedesco era molto simile a quella vista nel paragrafo precedente: consisteva anch'essa in due linee parallele, una per il montaggio scatole e l'altra per quello degli alberi, unite da una cella robotizzata che effettuava il marriage della trasmissione. A differenza della soluzione sopra esposta, però, le presse di alluminio per il dressing erano state posizionate in linea, rendendone così più semplice la gestione.

5.3.10 Seconda proposta MASMEC

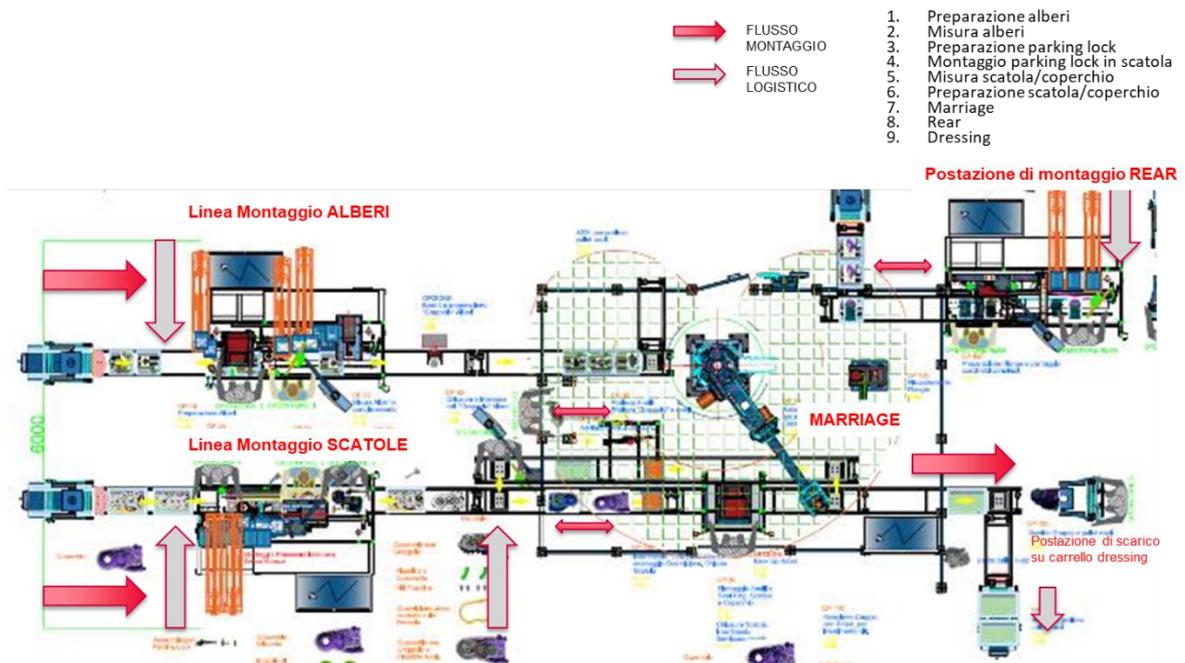


Figura 76: Layout MASMEC specifico

In questa seconda proposta area e metodo di trasporto dei pallet rimangono invariati dall'offerta precedente, ma allo stesso modo delle altre due proposte dettagliate, le linee di assemblaggio alberi e scatole sono state disposte in parallelo.

5.3.11 Secondo confronto sulle soluzioni tecniche

In questo secondo confronto, i parametri chiave che sono stati presi in considerazione sono stati la produttività, la conformità con le specifiche richieste, la tempistica di implementazione, il know how specifico necessario per l'installazione e la verticalizzazione del processo. In Figura 77, Figura 78, Figura 79 è possibile vedere per ognuna delle tre soluzioni i tempi ciclo in minuti, il tasso di produzione annuale e l'OEE relativo.

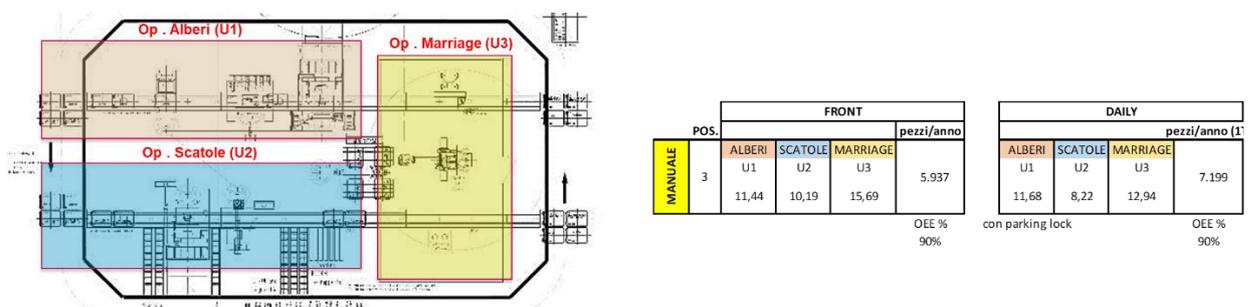


Figura 77: Produttività linea THYSSENKRUPP

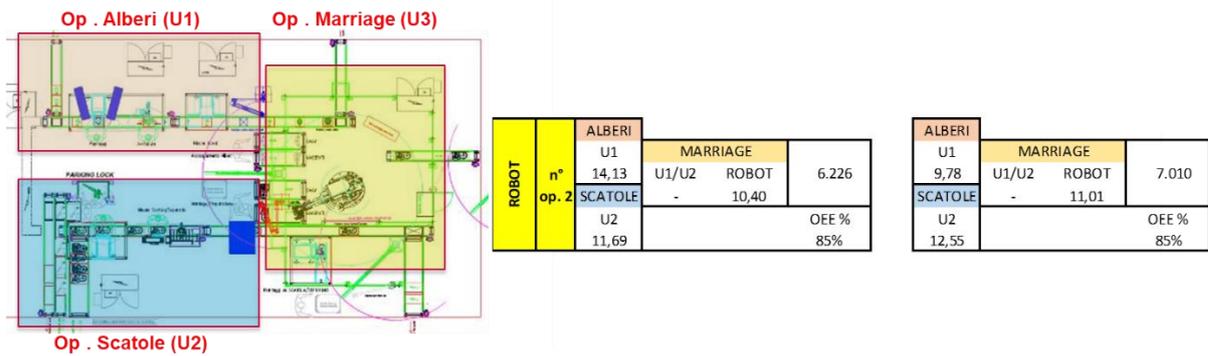


Figura 78: Produttività linea GEFIT

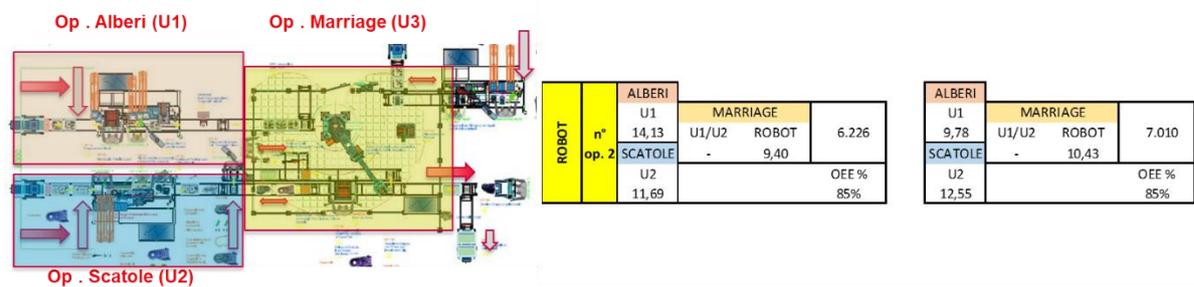


Figura 79: Produttività linea MASMEC

Anche in questo caso il benchmarking delle tre stazioni è affiancato da una valutazione semaforica, come visibile in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e in Tabella 7.

Fornitore	Punti Forti	Punti deboli
GEFIT	<ul style="list-style-type: none"> • Allestimento pallet di montaggio in area kit, fornito in linea senza handling • Handling automatico componenti pesanti in area marriage • Riduzione tempo mdo / aumento produttività • Misura alberi in automatico in parallelo con scatole • Operazioni manuali di completamenti marriage su slitte • Possibilità di backup esterno cella robotizzata 	<ul style="list-style-type: none"> • Asservimento materiali in postazione marriage da ottimizzare • Postazione grappolo doppia • Postazione parking fuori linea (WO da ottimizzare) • Scarico trasmissione finita senza possibilità di buffer • Avvitatura scatole eseguita da robot e pallet scatole non passanti sotto pressa comportano un'elevata saturazione robot
THYSSEN	<ul style="list-style-type: none"> • Pressa alluminio in linea gestita da operatore (fuori cella robotizzata) - più semplice. • Completamenti marriage su slitte 	<ul style="list-style-type: none"> • Postazione grappolo doppia • Postazione parking fuori linea (WO da ottimizzare) • Passaggio anelli del robot all'operatore preparazione scatole • Asservimento materiali in postazione marriage da ottimizzare • Uscita trasmissioni finite coincidenti con uscita pallet • misura in cella in ritardo rispetto alle scatole • Impossibile lavorare in backup alla cella robotizzata (postazione misura asservita da robot)
MASMEC	<ul style="list-style-type: none"> • Postazione grappolo singola • Postazione parking in linea • Completamenti marriage su ricircolo (maggiore flessibilità su attività dell'operatore) • Misura alberi in automatico sincronizzato con scatola • Possibilità di manipolazione rear tramite robot della cella • Uscita trasmissioni finite diversa da uscita pallet • Avvitatura scatole in automatico eseguita da gantry su pallet 	<ul style="list-style-type: none"> • Asservimento materiali in postazione marriage (WO da ottimizzare)

Tabella 6: Confronto pro e contro

	GEFIT	MASMEC	THYSSENKRUPP
Offerta Tecnica	Soluzione robotizzata proposta da migliorare per ricircolo marriage e per avvitatura scatole tramite robot	Soluzione robotizzata proposta in linea con quanto richiesto.	Soluzione robotizzata da migliorare per ricircolo marriage.
Voto			
Timing (da data ordine)	7,5 MESI	10 MESI	8,5 MESI
Voto			
Robot	KUKA	COMAU (in cl)	
Cambi pinze	10	3	
Voto			
Back-up robot	Pressa scatole condivisa con robot. Asservimento alberi a pressa mediante carrello	Pressa scatole condivisa con robot. Asservimento alberi a pressa mediante carrello	Non possibile per asservimento misurazione alberi.
Voto			
Voto finale			

Tabella 7: Confronto specifiche tecniche

Dal risultato dell'analisi, dunque, la soluzione migliore sia dal punto di vista logistico sia da quello economico e produttivo è risultato essere quella proposta da MASMEC.

5.4 Step 3: Detailed Design

In questa fase il focus che bisogna avere è quello di permettere la realizzazione di un impianto che generi zero difetti di produzione. Risulta quindi essere indispensabile effettuare studi sui processi esistenti e, in base ai problemi rilevati, proporre soluzioni al fine sia di migliorare la linea esistente, sia di non ripeterli in quella che si sarebbe realizzata.

È stata quindi realizzata una PFMEA (Process Failures Modes and Effects Analysis) dopo aver individuato correttamente tutto il ciclo di produzione. Lo studio (visibile in minima parte in Figura 80) è stato condotto sia per quanto riguarda il piantaggio alberi che per l'assemblaggio vero e proprio tanto della trasmissione anteriore che di quella posteriore.

Oltre alla PFMEA, è fondamentale prendere in considerazione anche le MP-info al fine di evitare che si progettino attrezzature che riportino le stesse problematiche che sono già state individuate precedentemente in altre sedi. In questo senso sono state estratte dal database tutte le informazioni relative ai cambiamenti/miglioramenti effettuati sia sull'attrezzatura corrente sia sul processo produttivo della linea più simile a quella che si sarebbe implementata, ovvero la linea GEFIT per il montaggio della scatola del cambio (alcune di queste sono mostrate in Figura 81, Figura 82).

Riferimento/Quota	Funzione Processo Operazione	Difetto	Effetti del difetto	Gravità	Caratteristiche Chiar	Causa del difetto	Probabilità	Soluzione Tecnologica prevista per evitare che si verifichi il difetto	Idonee misure di controllo elemento	Rilevabilità Indice priorità di rischio (Risk Priority Number)	Provvedimenti migliorativi raccomandati	Responsabilità tempistiche di realizzazione	Risultati intervento				
													Interventi intrapresi	Gravità	Probabilità	Rilevabilità Indice priorità di rischio (Risk)	
PREPARAZIONE STG. SCATOLA DIFFERENZIALE 5802507786																	
1	Prelievo e posizionamento cuscinetto conico inferiore su attrezzatura 	Mancato prelievo cuscinetto	Impossibile procedere operazione successiva	2		Errore umano	1	Poka-Yoke: Blocco macchina esecuzione operazione successiva	Controllo Visivo con ausilio condotta guidata	6	12						
		Inserimento cuscinetto con verso errato (180°)	Perdita produttiva	2		Errore umano	1	Poka-Yoke: Attrezzatura con forma specifica per rendere impossibile inserimento con verso errato	Controllo Visivo con ausilio condotta guidata	6	12						
2	PRELIEVO E POSIZIONARE SCATOLA DIFFERENZIALE 5802507775 SU PALLET 	Mancato prelievo scatola differenziale	Impossibile procedere operazione successiva	2		Errore umano	1	Poka-Yoke: Blocco macchina esecuzione operazione successiva	Controllo Visivo con ausilio condotta guidata	6	12						
		Posizionamento scatola differenziale con verso errato (180°)	Perdita produttiva	2		Errore umano	1	Poka-Yoke: Attrezzatura con forma specifica per rendere impossibile inserimento con verso errato	Controllo Visivo con ausilio condotta guidata	6	12						
		Mancato bloccaggio	Perdita produttiva	2		Errore umano	1		sistema di controllo sistema di bloccaggio	2	4						
		Bloccaggio non conforme	Perdita produttiva	2		Errore umano	1		Sistema di controllo presenza pezzo	2	4						
3	PRELIEVO E POSIZIONAMENTO N.2 CUSCINETTI SU ATTREZZO DI CALETTAMENTO 5802530858 ESECUZIONE CICLO DI PIANTAGGIO - ciclo di piantaggio cuscinetto conico inferiore e cuscinetto conico superiore 	Mancato prelievo cuscinetti	Impossibile procedere operazione successiva	2		Errore umano	1	Poka-Yoke: Blocco macchina esecuzione operazione successiva	Controllo Visivo con ausilio condotta guidata	6	12						
		Inserimento cuscinetti con verso errato (180°)	Perdita produttiva	2		Errore umano	1	Poka-Yoke: Attrezzatura con forma specifica per rendere impossibile inserimento con verso errato	Controllo Visivo con ausilio condotta guidata	6	12						
		Piantaggio cuscinetti non a battuta	Vibrazioni e rumorosità sulla vettura	8		Staratura mezzo di piantaggio	1		sistema di controllo forza e corsa e controllo calibrazione pressa	4	32						
		Piantaggio cuscinetti non conforme	Vibrazioni e rumorosità sulla vettura	8		Staratura mezzo di piantaggio	1		sistema di controllo forza e corsa e controllo calibrazione pressa	4	32						

Figura 80: Estratto della PFMEA e-Axle front

Una volta disponibile la beta²⁷ del prodotto, è stato possibile realizzare MP-Info direttamente sul prodotto che si sarebbe prodotto. In questi casi, dal momento che la linea non era ancora disponibile, non è stato possibile individuare il guadagno in termini di tempo e di costo dovuti alla modifica attuata (figura Figura 83, Figura 84). Queste MP-Info infatti, riguardano per la maggior parte ottimizzazioni in fase di assemblaggio o miglioramenti in termini di qualità del prodotto piuttosto che operazioni per migliorare la produttività.

²⁷ Successivamente ai prototipi Alpha, aventi lo scopo di offrire una dimostrazione delle performance del concept selezionato, vengono realizzate le Beta ovvero versioni con lo scopo di verificare le scelte di design e di confermare le massime performance sui veicoli prototipi.

EPM Information		No.	2	PLANT	DRIVELINE	CREATED BY	Scirpoli
PRODUCT LINE	MODEL CODE	MODEL DESCRIPTION	PRODUCTION UNIT	LANCH MANAGEMENT	DATE	21/12/2018	
FRONT-AXLE	M189		MFG PROCESS	Design Standard			
IMPACT		AREA		EPM INFO STATUS			
QUALITY	x	REWORK COST	QUALITY	NEW PRODUCT	EPM Info Created	CRB Approved	
ERGONOMICS		MATERIAL HANDLING/LOGISTICS		BENCHMARKING	EPM Info Approved	EPM Implemented	
EQUIPMENT COST		MANPOWER		INTERNAL IDEA			
				<p>PROBLEM</p>			
<p>DESCRIPTION OF ISSUE</p> <p>Applicazione e distribuzione sigillante nero su piano scatola ingranaggi. Tratto con cartella sottile (poca superficie di contatto). Difficoltà nello smontaggio applicando tale sigillante.</p>		<p>DESCRIPTION OF SOLUTION</p> <p>Impiego di una guarnizione come tenuta tra i due piani. Facilita lo smontaggio e la pulitura dei piani. Aumentare la cartella nel tratto evidenziato.</p>					
Checklist Question		HPU Impact (Δ machine time)		HPU Impact (€/unit)		Material Impact (€/unit)	
HPU	BEFORE	Time (sec)	30	20	0,166666667		
	AFTER	Time (sec)	10				
MATERIAL	BEFORE	# PIECES	1	0,193	-1,807		
	AFTER	# PIECES	1				
STANDARDISATION	YES	NO	EXPANSION	DATE	1,807	B/C	-0,90777
				NAME	Solution costs		

Figura 81: Esempio di MP-Info scatola ingranaggi

EPM Information		No.	4	PLANT	DRIVELINE	CREATED BY
PRODUCT LINE	MODEL CODE	MODEL DESCRIPTION		PRODUCTION UNIT	LANCH MANAGEMENT	DATE
FRONT-AXLE	M189			MFG PROCESS		Design Standard
					PART NUMBER	PART NUMBER DESCRIPTION
					5802507943	SCATOLA INGRANAGGI
IMPACT		AREA		EPM INFO STATUS		
QUALITY	REWORK COST	QUALITY		EPM Info Created		CRB Approved
ERGONOMICS	MATERIAL HANDLING/LOGISTICS	NEW PRODUCT	X			
EQUIPMENT COST	MANPOWER	BENCHMARKING		EPM Info Approved		EPM Implemented
		INTERNAL IDEA				
PROBLEM		SOLUTION				
						
Description of issue		Description of solution				
Nervatura eccessiva su coperchio scatola ingranaggi impedisce la rotazione del differenziale.		Riduzione della nervatura mediante molatura (reparto attrezzaria), per una corretta rotazione della ruota differenziale (per le fasi proto). Studio riduzione nervatura per la serie.				
Checklist Question						
HPU	BEFORE	Time (sec)	0	HPU Impact (Δ machine time)		0
	AFTER	Time (sec)	0			
MATERIAL	BEFORE	# PIECES	1	TOTAL COST	25	HPU Impact (€/unit)
	AFTER	# PIECES	1	TOTAL COST	24,5	Material Impact (€/unit)
STANDARDISATION	YES	NO	EXPANSION	DATE	NAME	Solution costs (€/unit)
						0,5
						B/C
						1

Figura 82: Esempio di MP-Info scatola ingranaggi

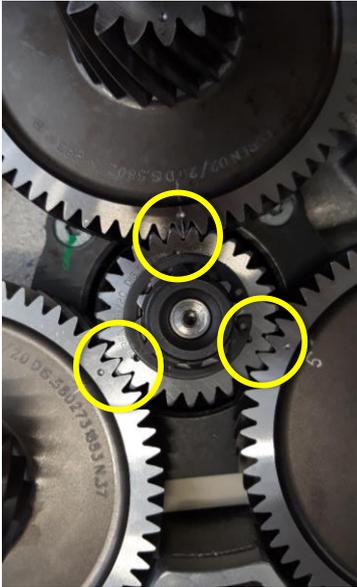
EPM Information		No.		6	DRIVELINE LANCH MANAGEMENT		CREATED BY Scirpoli-D'Amico		
		MODEL DESCRIPTION			PRODUCTION UNIT MFG PROCESS		DATE 06/10/2020		
PRODUCT LINE REAR-AXLE		MODEL CODE M189		PART NUMBER		PART NUMBER DESCRIPTION Allineamento satelliti			
IMPACT	AREA		ORIGIN		EPM INFO STATUS				
	QUALITY	REWORK COST	QUALITY	NEW PRODUCT	EPM Info Created		CRB Approved		
	ERGONOMICS	MATERIAL HANDLING/LOGISTICS	BENCHMARKING	INTERNAL IDEA	EPM Info Approved		EPM Implemented		
	EQUIPMENT COST	MANPOWER	SOLUTION						
PROBLEM						Description of solution			
I riferimenti per l'allineamento dei satelliti non coincidono perfettamente con quelli del solarino.				Riportare i riferimenti del solarino a "valle" del dente, non in prossimità della "cresta".					
Checklist Question									
HPU	BEFORE	Time (sec)	HPU Impact (Δ machine time)		0		HPU Impact (€/unit)		0
	AFTER	Time (sec)					Material Impact (€/unit)		0
MATERIAL	BEFORE	# PIECES	TOTAL COST		0		Solution costs (€/unit)		0
	AFTER	# PIECES	TOTAL COST		0		Solution costs		0
STANDARDISATION	YES	NO	DATE				B/C		#DIV/0!
	EXPANSION		NAME						

Figura 83: Esempio di MP-Info allineamento satelliti

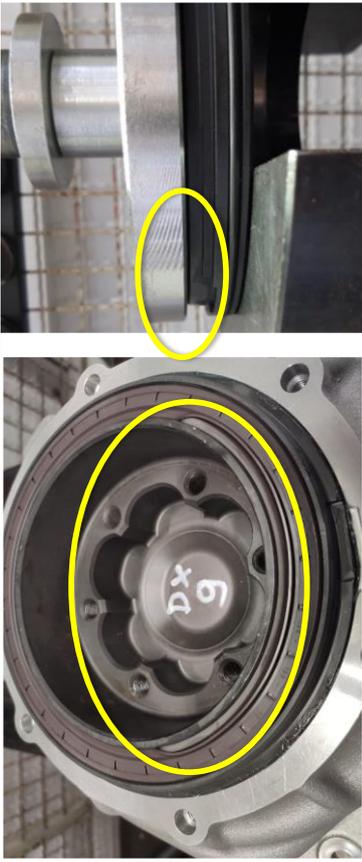
EPM Information		No.	7	PLANT	DRIVELINE	CREATED BY	Scirpoli-D'Amico
PRODUCT LINE		MODEL CODE	MODEL DESCRIPTION	PRODUCTION UNIT	LANCH MANAGEMENT	DATE	07/10/2020
REAR-AXLE		M189		MFG PROCESS		Design Standard	
PRODUCT/PART					PART NUMBER	PART NUMBER DESCRIPTION	
					5802809869	Guarnizione flangia	
IMPACT		AREA	ORIGIN	EPM INFO STATUS			
QUALITY		REWORK COST	QUALITY			CRB Approved	
ERGONOMICS		MATERIAL HANDLING/LOGISTICS	NEW PRODUCT			EPM Info Created	
EQUIPMENT COST		MANPOWER	BENCHMARKING			EPM Info Approved	EPM Implemented
			INTERNAL IDEA				
PROBLEM			SOLUTION				
							
Description of solution			<p>Prevedere tool specifico per piantaggio guarnizione. Valutare aumento smusso su flangia uscita. Verificare quota di piantaggio corretta tenuto conto del "rilassamento" guarnizione post piantaggio.</p>				
Checklist Question							
HPU	BEFORE	Time (sec)	HPU Impact (Δ machine time)		HPU Impact (€/unit)		0
	AFTER	Time (sec)			Material Impact (€/unit)		0
MATERIAL	BEFORE	# PIECES	TOTAL COST		TOTAL COST		0
	AFTER	# PIECES	TOTAL COST		TOTAL COST		0
STANDARDISATION	YES	NO	VERIFIED BY		DATE		0
	EXPANSION		NAME		Solution costs (€/unit)		B/C
				Solution costs		#DIV/0!	

Figura 84: Esempio di MP-Info guarnizione flangia

In questa fase è stata anche realizzato uno studio dei flussi e della capacità produttiva attraverso la realizzazione delle Value Stream Map sia riferite alla situazione reale, sia a quella reale che si dovrebbe avere dopo l'implementazione della linea. La domanda ipotizzata è di 1920 trasmissioni al mese, di cui 1350 anteriori e 570 posteriori. Nella situazione reale, i materiali vengono stoccati in un magazzino supermarket dal quale un operatore, mediante carrello esegue il kit di montaggio e lo porta fino in linea. Il materiale si muove tra le stazioni con una logica FIFO andando a formare, tra le stazioni di dressing e test-loop, un buffer inter-operazionale di tre pezzi (Figura 85).

Per quanto riguarda la VSM ideale, si è considerata la situazione migliore possibile, nella quale i processi possiedono tutti lo stesso tempo ciclo, non esiste variabilità e gli arrivi e le spedizioni di materiale sono istantanee, una volta prodotta la trasmissione (Figura 86).

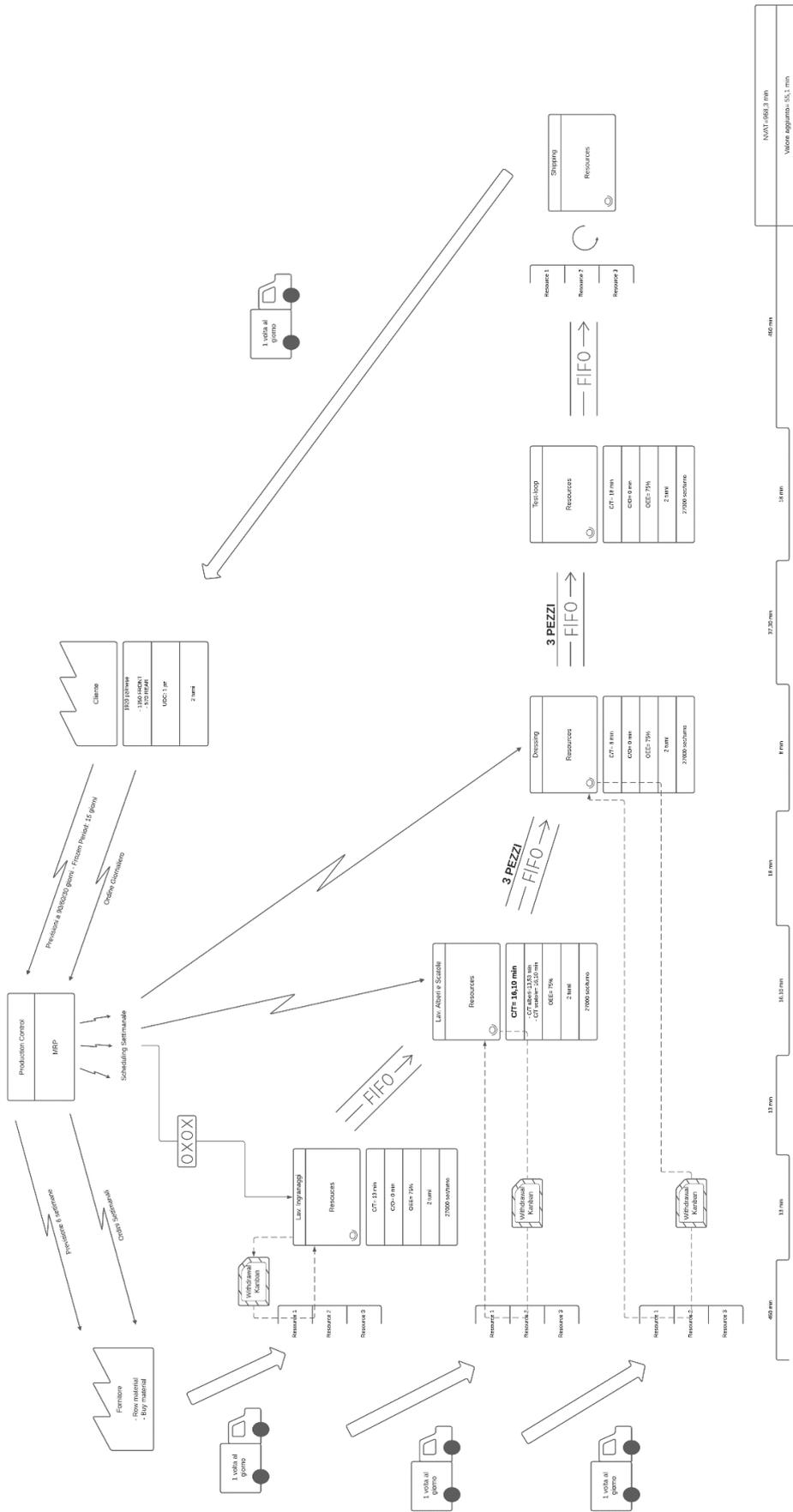


Figura 85: Real VSM

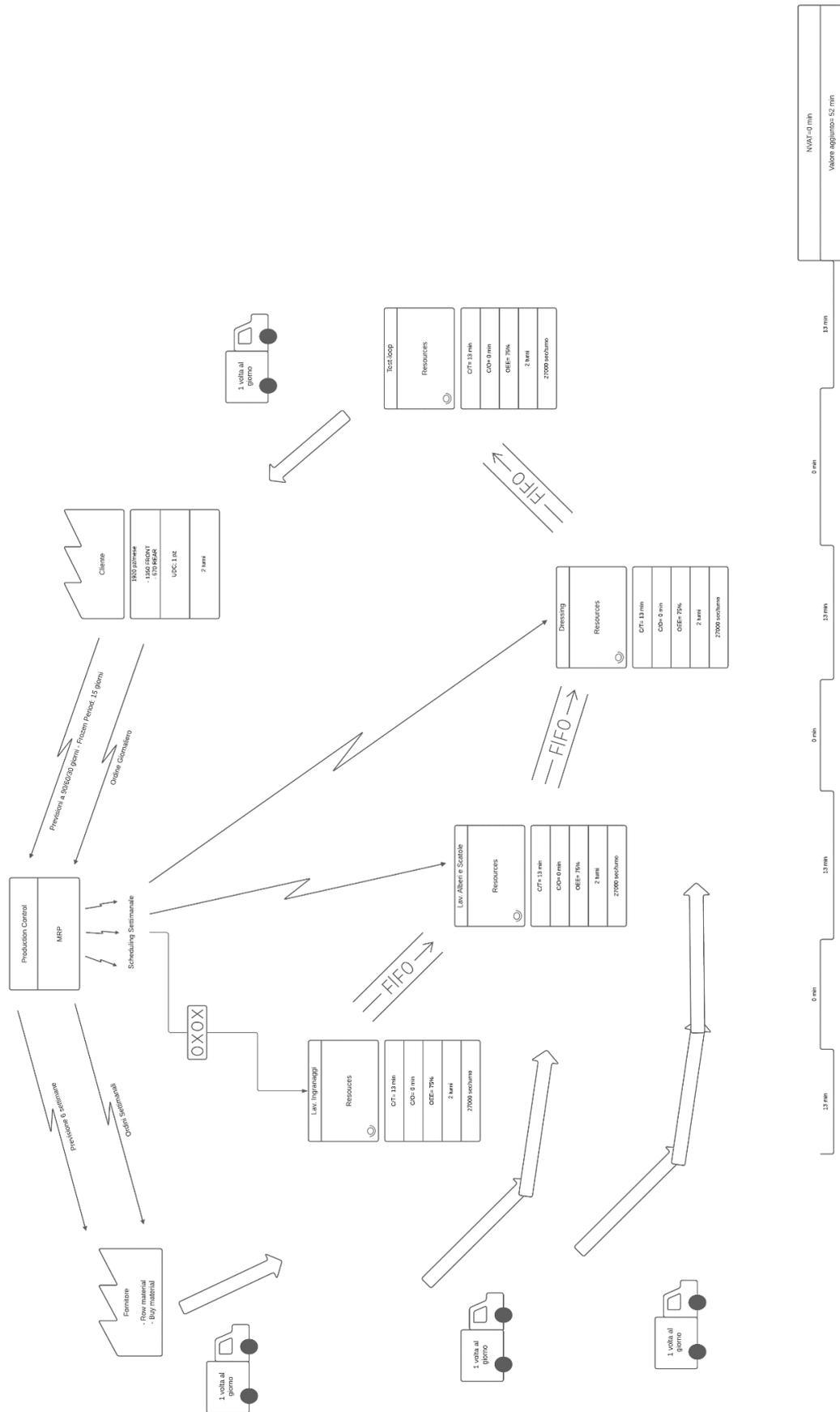


Figura 86: Ideal VSM

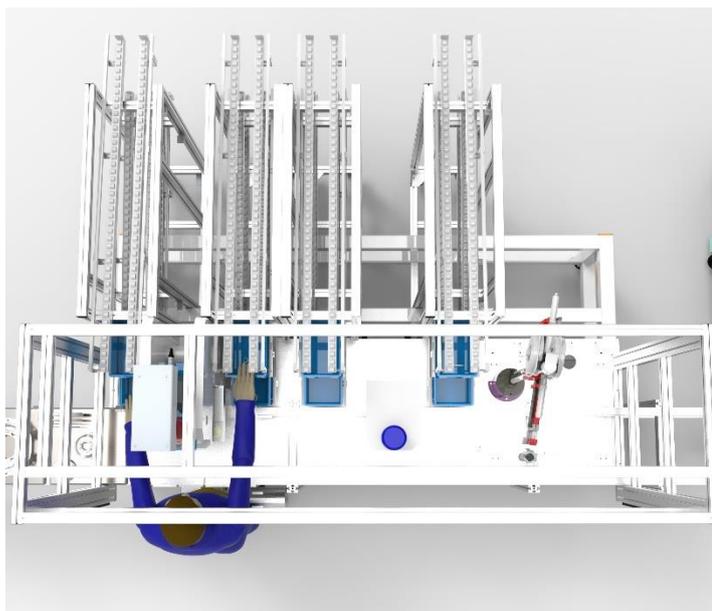


Figura 88: Estrapolazione dalla simulazione 3D della linea

5.6 Step 5, 6, 7: Work in progress

Come precedentemente accennato nei paragrafi precedenti, il progetto è ancora in via di sviluppo e da programma, mostrato in Figura 64, dovrebbe concludersi per marzo 2023. Questo ritardo acquisito è dovuto principalmente alla Pandemia da COVID-19 in cui noi tutti ci siamo imbattuti in quest'ultimo anno e mezzo. Durante la fase di lock-down, si è infatti deciso di sospendere il progetto sia causa chiusure aziendali (sia da parte di FPT Industrial, sia da parte delle aziende partecipanti all'appalto), sia a causa del fatto che l'azienda committente ha deciso di posticipare la data di lancio del nuovo veicolo.

I tre step che andranno eseguiti dopo la conclusione del quarto saranno l'installazione della linea, che dovrebbe avvenire nella seconda settimana di settembre, i controlli sulla conformità con le specifiche di progetto e infine l'avviamento e il monitoraggio della linea.

6 Conclusioni

La trattazione del World Class Manufacturing avvenuta in questo testo è stata effettuata adottando un punto di vista operativo. L'obiettivo principale è quello, infatti, di mostrare l'applicazione della metodologia sviluppata dal professore Yamashina nel momento in cui questo viene adottato in una realtà industriale. Per questa ragione, le considerazioni fatte possiedono, senza dubbio, un valore universale e non si riferiscono solamente al caso preso in esame nel capitolo finale.

È importante concludere raccomandando alcune importanti azioni da svolgere per implementare al meglio questa metodologia: in primis, è doveroso ricordare che prima di metter in pratica queste nozioni è necessario studiarle a fondo e soprattutto comprenderle. In questo senso sarebbe opportuno, prima di iniziare il percorso d'implementazione, o chiedere la consulenza di esperti o confrontarsi con altri stabilimenti che hanno già intrapreso questo percorso. In secondo luogo, è opportuno rendere il processo di diffusione del modello tra istruttori e operatori rapido, in modo da non focalizzare la conoscenza solo su poche persone, ma renderla omogenea all'interno di tutto lo stabilimento. È bene, inoltre, sempre contestualizzare le nozioni con quello che si vuole fare: la stragrande maggioranza delle volte, si rimane sempre troppo fedeli alla teoria dimenticandosi dell'obiettivo che si vuole raggiungere. Infine, vanno coinvolti tutti gli operatori nelle attività WCM al fine di promuovere la cultura del miglioramento continuo e preservare gli obiettivi raggiunti nel tempo.

Senza dubbio, applicare i concetti WCM può mettere sulla strada corretta per il raggiungimento dell'eccellenza operativa ma la sua corretta applicazione non è scontata e può essere fuorviante. A testimoniare la complessità nell'applicare questo metodo, è il fatto che anche gli stabilimenti più prestanti non hanno raggiunto mai la massima valutazione "World Class", anche se i risultati di questi ultimi fanno ben sperare.

Inoltre, è opportuno ribadire che come per la Lean Production, anche con il World Class Manufacturing i risultati più importanti si vedono solamente dopo un arco di tempi medio-lungo. Nel breve periodo, infatti, è possibile ammirare cambiamenti localizzati, se si vogliono ottenere risultati più concreti il modello deve essere condiviso sia dai manager che da chi lo applica nella quotidianità, e questo si traduce nell'aspettare un po' più di tempo prima di poter vedere i frutti di questo sistema di produzione.

Dopo la fusione del gruppo FCA con il gruppo PSA e la conseguente nascita di Stellantis, nonostante il gruppo CNH Industrial sia fuori da questo merging, le aziende della Holding Exor che adottano la metodologia WCM stanno pensando di abbandonarla per passare all'utilizzo di un sistema produttivo derivato dall'unione di quest'ultima metodologia con la PSA Excellent

Factory. Questo porterebbe alla creazione un modello comune per misurare i costi di trasformazione e per fare scelte razionali e trasparenti e, inoltre, un nuovo sistema di produzione permetterebbe di superare quegli aspetti del WCM di difficile interpretazione, come per esempio il sesto e il settimo step del pilastro della logistica, permettendo la loro messa in atto secondo un punto di vista differente e per certi versi più attuale.

Bibliografia

- CNH Group - World Class Manufacturing. (2018). *EEM Book of Knowledge*. WCM.
- CNH Industrial. (2013). *Codice di Condotta*.
- Council of Supply Chain Management Professionals. (2021). *CSCMP*. Retrieved from CSCMP.
Council of Supply Chain Management Professionals: <https://cscmp.org/>
- FCA - Fiat Chrysler Automobiles. (2018). *WCM Audit Criteria Technical FCA*. FCA - CNH.
- FIAT Group Automobiles. (2007). *World Class Manufacturing: methods and tools for the FIAT AUTO Production System*. Torino: FIAT Group Automobiles.
- FPT Industrial. (2021). *FPT Powertrain Technologies*. Retrieved from
<https://www.fptindustrial.com/global/it/media/company/chi-siamo>
- Heinrich, H. (1959). *Industrial accident prevention*. McGraw-Hill.
- HTB SA. (2018). *WCM: World Class Manufacturing*. Tratto da HTB SA, dai dati alle decisioni:
<https://www.hbtsa.it/wcm-world-class-manufacturing/>
- Imai, M. (2015). *Gemba Kaizen. Un approccio operativo alle strategie del miglioramento continuo. Con le storie delle aziende italiane che ce l'hanno fatta*. Franco Angeli Edizioni.
- Ketter, S., & Massone, L. (2007). *WCM: World Class Manufacturing towards excellence in safety, quality, productivity, delivery*. Torino.
- Kipling, R. (1902). *Just So Stories*.
- leanmanufacturing. (2021, Marzo 6). *leanmanufacturing.online*. Retrieved from QA Matrix:
<https://leanmanufacturing.online/qa-matrix/>
- Leemis, L. (1995). *Reliability: Probabilistic Models and Statistical Methods*. Prentice-Hall.
- M&IT Consulting Srl. (2015). *M&IT*. Tratto da Sito Web Società M&IT Consulting Srl:
<https://www.mitconsulting.it/tpm-total-productive-maintenance/>
- Mike Rother, J. S. (1999). *Learning to see. Value Stream Mapping to add value and eliminate MUDA*. Brookline, Massachusset, USA: Lean Enterprise Institute.
- RDB SRL. (2019). *Ergonomia e simulazione virtuale*. Retrieved from RDB: Soluzioni industriali ergonomiche.
- Schonberger, R. (1986). *World class manufacturing: the lessons of simplicity applied*. New York: The Free Press.

Torque Vectoring Control. (2020). Tratto da MOTORI: <https://www.motori.it/glossario/tvb-torque-vectoring-control>

Yamashina, H. (2015, Giugno 23). *Management Theory Review: Total Industrial Engineering - H. Yamashina*. Retrieved from Management Theory Review:
<http://nraomtr.blogspot.com/2011/11/total-industrial-engineering-h.html>