

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

***Studio e realizzazione di una Low Cost Automation per la linea
di Assemblaggio Trattori con la metodologia WCM.
Il caso CNHi Jesi.***

***Design and production of a Low Cost Automation for the
Tractor Assembly Line by the WCM methodology.
The CNHi Jesi case-study.***

Relatore: Chiar.mo
Prof. Ing. Michele Germani

Tesi di laurea di:
Marianna Ciccarelli

Correlatore: Chiar.mo
Ing. Luca Russo

Correlatore: Chiar.ma
Ing. Alessandra PAPETTI

Anno accademico 2018/2019

*Ringrazio la mia famiglia,
il mio punto fermo,
che mi ha sempre sostenuta;
Giammaria,
per essere stato al mio fianco;
gli amici di sempre e i compagni di viaggio,
per le risate, le giornate intense di studio e le serate spensierate;
tutti i colleghi di CNH, in particolare Emanuele, Mirko, Paolo e Gianluca,
per aver reso l'esperienza di tirocinio costruttiva e piacevole;
il professor Germani,
per la sua cortesia e disponibilità.
Infine ringrazio anche me stessa,
per averci sempre creduto e non aver mai mollato.*

SOMMARIO

1	Introduzione	7
2	CNH Industrial Overview	9
2.1	Struttura del gruppo	10
2.2	I brand del gruppo	11
2.3	Jesi Plant	13
2.3.1	<i>Cenni storici dello stabilimento di Jesi</i>	<i>13</i>
2.3.2	<i>Il portfolio prodotti e il layout dello stabilimento di Jesi</i>	<i>14</i>
2.3.3	<i>Altri aspetti significativi dello stabilimento di Jesi</i>	<i>19</i>
3	World Class Manufacturing	21
3.1	I processi produttivi e la loro evoluzione	21
3.2	Dal Toyota Production System al modello WCM	24
3.3	I principi del WCM	30
3.4	Implementazione del WCM in FCA e CNH	33
3.5	La struttura e i pilastri del WCM	35
3.6	L'applicazione del WCM	40
3.7	Il sistema di Audit	44
4	Il pilastro Workplace Organization (WO)	47
4.1	Aspetti generali del pilastro	47
4.2	Costi, perdite e sprechi	50
4.3	WO Step 0 – Attività preliminari	55
4.3.1	<i>Pillar Level</i>	<i>56</i>
4.3.2	<i>Projects Level</i>	<i>58</i>
4.4	WO Step 1 – Pulizia iniziale	59
4.4.1	<i>Le 5S</i>	<i>60</i>
4.4.2	<i>I KPI e KAI dello step 1</i>	<i>62</i>
4.5	WO Step 2 – Riorganizzazione dei processi	64
4.5.1	<i>3M – MURI</i>	<i>65</i>
4.5.2	<i>3M – MURA</i>	<i>67</i>
4.5.3	<i>3M – MUDA</i>	<i>69</i>
4.5.4	<i>I KPI e KAI dello step 2</i>	<i>71</i>

4.6	WO Step 3: Standardizzazione iniziale	73
4.7	WO Step 4: Educazione alle caratteristiche del prodotto	76
4.7.1	<i>I KPI dello step 4</i>	80
4.8	WO Step 5 – Fornitura delle parti con JIT	81
5	Studio e realizzazione di una Low Cost Automation per il miglioramento del processo di montaggio serbatoio	85
5.1	Plan – Analisi preliminari con tecniche di Problem solving.....	87
5.1.1	<i>Tecniche di Problem solving 3G</i>	87
5.1.2	<i>5W+1H</i>	94
5.1.3	<i>4M+1D</i>	95
5.1.4	<i>5 Whys</i>	97
5.2	Plan – Analisi 3M e Strike Zone	98
5.2.1	<i>MURI</i>	98
5.2.2	<i>MURA</i>	100
5.2.3	<i>MUDA</i>	101
5.2.4	<i>Spaghetti Chart</i>	106
5.2.5	<i>Strike Zone</i>	107
5.3	Plan – Sviluppo della Low Cost Automation.....	109
5.3.1	<i>Sistema di movimentazione</i>	111
5.3.2	<i>Sistema di presa del serbatoio</i>	113
5.4	Do – Prototipazione e realizzazione del prototipo.....	117
5.5	Check – Confronto Before e After delle analisi	123
5.5.1	<i>Analisi MURI</i>	123
5.5.2	<i>Analisi MURA</i>	124
5.5.3	<i>Analisi MUDA</i>	127
5.5.4	<i>Spaghetti Chart</i>	130
5.5.5	<i>Strike Zone</i>	131
5.6	Check – Calcolo del rapporto B/C.....	132
5.7	Check – Risultati ottenuti	135
6	Conclusioni	138
7	Bibliografia & sitografia	140

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1 - Storia del gruppo	9
Figura 2.2 - Presenza internazionale di CNHi: stabilimenti e dipendenti.....	10
Figura 2.3 - I brand del gruppo CNHi.....	12
Figura 2.4 - I segmenti del gruppo CNHi	13
Figura 2.5 - Storia dello stabilimento di Jesi.....	14
Figura 2.6 - Volumi di produzione divisi per regione	15
Figura 2.7 - Layout dello stabilimento di Jesi	16
Figura 2.8 - Portfolio prodotti Jesi Plant	18
Figura 2.9 - Trend volumi di produzione del plant di Jesi	19
Figura 3.1 - Schema di un sistema produttivo.....	22
Figura 3.2 - Evoluzione tecnologica dei sistemi produttivi	24
Figura 3.3 - Evoluzione temporale delle diverse filosofie di produzione	29
Figura 3.4 - Origini del WCM	29
Figura 3.5 - Le 8 fonti di spreco secondo Tim Woods	33
Figura 3.6 - I pilastri tecnici e manageriali del WCM.....	35
Figura 3.7 - Profondità e step.....	41
Figura 3.8 - Classificazione delle aree produttive in base alle perdite.....	42
Figura 3.9 - Ciclo di Deming.....	43
Figura 3.10 - WCM Route Map Jesi Plant.....	46
Figura 4.1 - Le 8 fonti di spreco secondo TIM WOODS	48
Figura 4.2 - I 7 Step del pilastro Workplace Organization.....	50
Figura 4.3 - Costi, perdite e sprechi	51
Figura 4.4 - NVAA, SVAA, VAA	53
Figura 4.5 - Esempi di cause di tipo "Material"	54
Figura 4.6 - Esempi di cause di tipo "Machine/Equipment"	54
Figura 4.7 - Esempi di cause di tipo "Man" e "Method"	55
Figura 4.8 - Pillar Radar Chart	57
Figura 4.9 - Esempio di una Radar Chart.....	57
Figura 4.10 - Analisi MURI	66
Figura 4.11 - Esempio di un'analisi MURI.....	67
Figura 4.12 - Analisi MURA.....	68
Figura 4.13 - Esempio di Spaghetti Chart	70
Figura 4.14 - Esempio di una Yamazumi Chart.....	74
Figura 4.15 - Esempio di una SOP.....	75
Figura 4.16 - Esempio di una OPL.....	75
Figura 4.17 - Diagramma di flusso per l'eliminazione dell'errore umano.....	78
Figura 4.18 - Golden e Strike Zone	82
Figura 5.1 - Gamme di trattori assemblati in linea A2	88
Figura 5.2 - Serbatoi assemblati in linea A2	89
Figura 5.3 - Sketch del montaggio serbatoio in Specialty T4	90
Figura 5.4 - Sketch del montaggio serbatoio in Utility	91

Figura 5.5 - LCA per il montaggio della piastra	91
Figura 5.6 - Sketch del montaggio serbatoio in TD5	92
Figura 5.7 - Tempo valorizzato nell'anno Linea A2	93
Figura 5.8 - Diagramma di Pareto NVAA Postazione 13 Linea A2.....	93
Figura 5.9 - Dettaglio operazioni montaggio serbatoio	94
Figura 5.10 - 5W+1H.....	95
Figura 5.11 - 4M+1D.....	96
Figura 5.12 - 5 Whys.....	97
Figura 5.13 – I risultati complessivi dell’analisi MURI	99
Figura 5.14 - Analisi MURA Utility	100
Figura 5.15 - Analisi MURA TD5	101
Figura 5.16 - Analisi MURA Specialty T4	101
Figura 5.17 - Analisi MUDA del montaggio serbatoio Utility	103
Figura 5.18 - Analisi MUDA del montaggio piastra Utility.....	103
Figura 5.19 - Analisi MUDA del montaggio serbatoio TD5.....	104
Figura 5.20 - Analisi MUDA del montaggio serbatoio Specialty T4.....	105
Figura 5.21 - Spaghetti Chart.....	107
Figura 5.22 - I risultati dell'analisi Strike Zone	108
Figura 5.23 - Vincoli di dimensioni e di altezza	110
Figura 5.24 - Primo meccanismo di salita e discesa con dei tubi	112
Figura 5.25 – Meccanismo definitivo con pattini e guide	112
Figura 5.26 - Piano basculante	113
Figura 5.27 - Elenco di tutte le varianti dei serbatoi con i relativi pesi	114
Figura 5.28 - I possibili punti di presa del serbatoio Utility.....	115
Figura 5.29 - Modello CAD del sistema di presa del serbatoio Utility.....	116
Figura 5.30 - Presa e bloccaggio del serbatoio Utility	116
Figura 5.31 - Rendering LCA	117
Figura 5.32 - Alcuni fotogrammi della simulazione del prelievo del serbatoio Utility.....	119
Figura 5.33 - Alcuni fotogrammi della simulazione del bloccaggio del serbatoio Utility	119
Figura 5.34 - Alcuni fotogrammi della simulazione del montaggio serbatoio TD5.....	120
Figura 5.35 - Prototipo fisico della Low Cost Automation	120
Figura 5.36 - Sistema di sicurezza per il bloccaggio del serbatoio TD5.....	121
Figura 5.37 - Rendering LCA con il sistema di presa serbatoio chiuso.....	122
Figura 5.38 - Confronto MURI Before e After	124
Figura 5.39 - Confronto MURA Before e After	125
Figura 5.40 - Confronto MUDA Before e After.....	127
Figura 5.41 - Spaghetti Chart After	131
Figura 5.42 - Confronto Strike Zone Before e After	132
Figura 5.43 - Calcolo dei benefici	133
Figura 5.44 - Calcolo dei costi.....	135

1 Introduzione

In un mercato globale sempre più competitivo il modo di fare azienda è in continuo sviluppo e cambiamento ed è il cliente colui che domina il mercato scegliendo un prodotto in base al prezzo e alla qualità. Per soddisfare il cliente e raggiungere il successo aziendale è necessario che l'azienda ponga al centro del processo produttivo due fattori fondamentali: l'efficienza e la qualità.

Per raggiungere gli obiettivi aziendali prefissati, relativi allo sviluppo di questi due fattori indispensabili, è bene valorizzare il lavoro dell'uomo, inteso come attore principale dei processi di miglioramento continuo all'interno dell'azienda e considerato il vero valore aggiunto per essere competitivi sull'attuale mercato. La globalizzazione, quindi, comporta importanti cambiamenti a livello di scelte industriali, ma, d'altra parte, implica inevitabilmente un aumento dei costi da sostenere. Per questo motivo le aziende cercano di implementare e applicare teorie e filosofie *lean*¹, in modo tale da snellire la produzione, utilizzando il minor numero di risorse possibile, pur continuando a vendere il prodotto.

Proprio per tali esigenze nasce la metodologia World Class Manufacturing (WCM), un percorso verso il miglioramento continuo con lo scopo di attaccare tutti i tipi di perdite e sprechi, attraverso l'applicazione di metodologie standard e il coinvolgimento di tutto il personale dell'azienda. Il WCM viene implementato per la prima volta in Italia nel 2005 dal gruppo FIAT, grazie al lavoro dell'ex amministratore delegato Sergio Marchionne,

¹ Lean – da Lean Manufacturing – produzione snella, semplice

che ha fortemente spinto per la sua applicazione nei molteplici stabilimenti del gruppo. Oggi il WCM è esteso in tutti i plant appartenenti ai gruppi FCA e CNH Industrial.

CNH Industrial, gruppo dove è stata svolta l'attività di tirocinio, è una multinazionale leader nel settore dei capital goods², che progetta, produce e commercializza macchine per l'agricoltura e movimento terra, camion, veicoli commerciali, autobus e veicoli speciali, applicazioni powertrain.

La presente tesi fa riferimento in particolare allo stabilimento New Holland di Jesi dedicato all'assemblaggio di trattori finiti di piccola potenza che opera nel segmento "Agriculture" del gruppo. Dopo aver descritto la metodologia WCM, i suoi principi e gli strumenti utilizzati, si approfondirà un singolo pilastro, il Workplace Organization, ambiente in cui si è lavorato durante il periodo di tirocinio in azienda.

Il lavoro, realizzato durante l'attività di tirocinio, è un progetto di miglioramento, nell'ambito del Workplace Organization, del processo di montaggio serbatoio in Linea Assemblaggio Trattori attraverso lo sviluppo di una Low Cost Automation (comunemente definita con la sigla LCA). È stato seguito il progetto dalle prime fasi, di analisi preliminari, fino alla realizzazione dell'attrezzatura e alla validazione della soluzione.

² Capital goods – beni strumentali

2 CNH Industrial Overview

CNH Industrial N.V. è un gruppo industriale italo-statunitense, leader globale nel settore dei capital goods, che opera sui mercati internazionali, con attività di progettazione, produzione, distribuzione, commerciali e finanziarie. È stata costituita nel novembre 2012 ed è divenuta operativa a fine settembre 2013 in seguito al completamento delle operazioni di fusione di Fiat Industrial S.p.A.³ e CNH Global N.V.

Nel 1999 il Gruppo Fiat acquisisce la Case Corporation e dalla fusione con New Holland nasce CNH Global, leader mondiale nel settore delle macchine per l'agricoltura e per il movimento terra. Fiat Industrial, nuova società del settore dei capital goods, si origina dalla scissione di Iveco⁴, CNH Global e FPT Industrial⁵ da Fiat S.p.A. nel 2011.



Figura 2.1 - Storia del gruppo

CNH Industrial è una società veramente globale, con una storia considerevole che risale a più di 170 anni fa. Con più di 64.000 dipendenti suddivisi in 180 paesi, con 66 stabilimenti produttivi e 54 Centri di Ricerca e Sviluppo, l'esperienza si estende a diversi continenti e settori industriali.

³ Fiat Industrial S.p.A. – Nota società operante nel settore metalmeccanico costruttrice di automobili

⁴ Iveco – Brand identificativo di veicoli adibiti al trasporto

⁵ FPT Industrial – Fiat Powertrain Technologies, industria produttrice di sistemi propulsivi

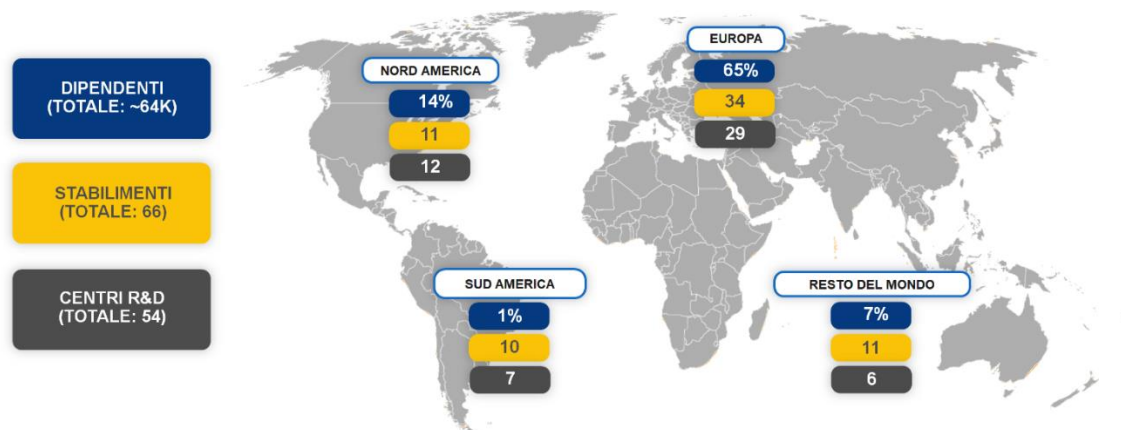


Figura 2.2 - Presenza internazionale di CNHi: stabilimenti e dipendenti

La *mission* del gruppo è lo sviluppo strategico dei propri business. Le sue scelte, sia sul piano industriale sia su quello finanziario, rispondono ad una logica di crescita e di efficienza, che punta a sfruttare tutte le opportunità di sviluppo e valorizzazione della propria posizione strategica.

2.1 Struttura del gruppo

L'azionista di maggioranza di CNH Industrial N.V. è la holding finanziaria di diritto olandese Exor N.V, controllata dalla famiglia Agnelli. Il Consiglio di Amministrazione è considerato nel suo complesso responsabile per le scelte strategiche della Società ed è attualmente composto da dieci Amministratori, tra cui il presidente Suzanne Heywood e l'attuale CEO⁶ Hubertus M. Mühlhäuser. Il Consiglio di Amministrazione ha nominato i seguenti comitati interni: (i) un Comitato di Controllo, (ii) un Comitato per la Governance e la Sostenibilità, e (iii) un Comitato Remunerazioni.

⁶ CEO – Chief Executive Officer, amministratore delegato

Il Consiglio di Amministrazione ha inoltre attribuito al Sig. Léo W. Houle la qualifica di Senior Non-Executive Director. Su alcune tematiche chiave di natura industriale, il Consiglio di Amministrazione si avvale del Group Executive Council (“GEC”). Il GEC è un organismo decisionale di CNH Industrial che è responsabile della supervisione dell’andamento operativo dei business, e che decide in merito ad alcune scelte operative strategiche. Il GEC è attualmente composto dal CEO e da due strutture principali: i Segmenti operativi e le Funzioni.

I cinque segmenti operativi sono pienamente responsabili della crescita e delle performance globali dei rispettivi business, con focalizzazione e responsabilità accresciute. Ciascun segmento operativo avrà dei Product Line Leader, dei Brand Leader e dei Support Function Leader.

Le funzioni corporate si concentrano sulle attività centrali di CNH Industrial, incluse strategie funzionali, controlli, sistemi e processi, riducendo le spese di struttura e favorendo processi decisionali più rapidi, nonché garantendo gli adeguati meccanismi di controllo e bilanciamento all’interno della nuova organizzazione.

2.2 I brand del gruppo

Il gruppo CNH Industrial N.V. comprende dodici diversi brand organizzati in cinque segmenti principali:

- Macchine per l'agricoltura, come trattori e mietitrebbie, a marchi Case IH, New Holland Agriculture e nella sola Europa, Steyr.

- Macchine movimento terra e costruzioni, in cui CNH è attiva coi marchi Case Construction Equipment e New Holland Construction.
- Veicoli industriali e autobus, settore rappresentato da Iveco, che si occupa di progettare, produrre e vendere una gamma di mezzi commerciali leggeri, medi e pesanti per il trasporto di merci su strada. Pullman granturismo e autobus urbani per il trasporto pubblico sono prodotti coi marchi Iveco Bus e Heuliez Bus. Altri autoveicoli per uso speciale, come mezzi per cave o cantieri e veicoli antincendio, sono realizzati rispettivamente da Iveco Astra e Iveco Magirus; per impieghi militari e di protezione civile è inoltre attiva la divisione Iveco Defence Vehicles.
- *Powertrain* è il settore dedicato alla progettazione, produzione e vendita di sistemi di moto-propulsione e trasmissione per camion, veicoli commerciali stradali e off-road, nonché di motori per applicazioni marine e power generation. Il brand attivo nel settore è FPT Industrial.
- *Financial Services* offre servizi finanziari a supporto dei clienti finali e dei concessionari di tutti i marchi del gruppo CNH Industrial; i servizi spaziano dall'acquisto, al noleggio o al leasing dei prodotti, ai ricambi post-vendita, nonché al supporto sia in concessionaria che durante l'utilizzo lavorativo.



Figura 2.3 - I brand del gruppo CNHi



Figura 2.4 - I segmenti del gruppo CNHi

2.3 Jesi Plant

2.3.1 Cenni storici dello stabilimento di Jesi

Lo stabilimento di Jesi nasce nel 1948 ed è di proprietà della Gherardi S.p.A., azienda produttrice di aratri. Viene poi acquisita da FIAT Trattori nel 1977 che accantona la produzione di attrezzi agricoli per dedicarsi interamente alla realizzazione di componenti per trattori.

Tra il 1979 e il 1981 ci furono importanti lavori di ampliamento del sito produttivo che permisero di iniziare la lavorazione degli assali anteriori a doppia trazione e dei supporti, la lavorazione e il montaggio di trasmissioni per trattori gommati e cingolati. Nel 1985 sono stati effettuati ulteriori ampliamenti e l'anno successivo è iniziato l'assemblaggio di trattori completi, che per alcuni anni è proseguito in parallelo con il plant di Modena fino a quando, nel 1996, per effetto della ristrutturazione conseguente all'acquisto dell'americana Ford, la produzione dei trattori con potenze medio-alte è stata trasferita nella fabbrica inglese di Basildon.

Nel 1996 inizia l'assemblaggio di trattori articolati su due turni lavorativi e il plant ottiene la prima certificazione in ambito di sistemi di gestione aziendale, la ISO 9002⁷. Dal 1986 ad oggi lo stabilimento di Jesi, esteso su una superficie di 185.000 m², di cui 67.500 coperti, ha prodotto oltre 670.000 trattori completi, 116.000 trasmissioni e 189.000 cabine. Nel 2008, in largo anticipo rispetto a molti competitors, il plant di Jesi approccia la metodologia World Class Manufacturing, raggiungendo soltanto dopo un anno il livello Bronzo con 50 punti. Nel 2018, dopo circa dieci anni, ottiene la certificazione Argento con 60 punti, dimostrando l'eccellenza dello stabilimento nel campo della produzione industriale.

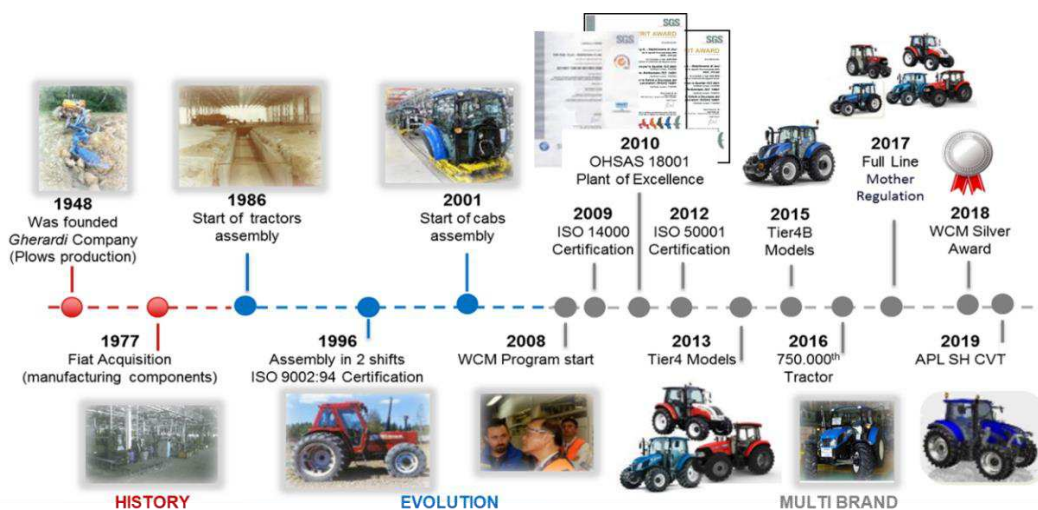


Figura 2.5 - Storia dello stabilimento di Jesi

2.3.2 Il portfolio prodotti e il layout dello stabilimento di Jesi

Lo stabilimento di Jesi oggi è adibito principalmente all'assemblaggio del trattore finito, ma vengono prodotte anche trasmissioni e cabine; vanta inoltre di un reparto

⁷ La ISO 9002 è una normativa entrata in vigore nel 1994 e ritirata nel 2000. È utilizzabile nel caso in cui l'azienda voglia certificare un sistema qualità che preveda la garanzia della qualità nella fabbricazione, installazione e assistenza di prodotti o servizi.

robotizzato di verniciatura dove viene verniciato il corpo trattore. Ad oggi nello stabilimento vengono prodotte diverse gamme di trattori destinate a 73 diversi mercati nel mondo anche se più del 75% rimane nel mercato EMEA.

Attualmente nel plant di Jesi sono impiegate circa 800 risorse tra white collar⁸ e blue collar⁹.

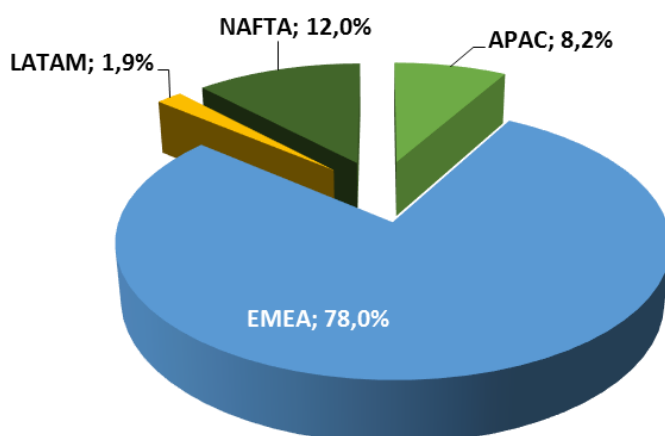


Figura 2.6 - Volumi di produzione divisi per regione

Il plant di Jesi è suddiviso in due grandi reparti produttivi: Officina 1 e Officina 2. Nella prima vengono assemblate trasmissioni e cabine, mentre dalla seconda esce il trattore finito, che viene poi mandato in revisione e successivamente in delibera. Per chiarezza e per fornire una visione della collocazione di tali unità si riporta nell'immagine seguente il layout globale dello stabilimento:

⁸ White collar – figure aziendali destinate a mansioni dirigenziali

⁹ Blue collar – figure aziendali destinate al lavoro manuale



Figura 2.7 - Layout dello stabilimento di Jesi

A Jesi vengono realizzati i seguenti prodotti:

- **DRIVELINES:** sono le parti del powertrain, ad eccezione del motore, che compongono la base del veicolo, si parla quindi dell'unione di trasmissione e cambio. In esse sono assemblate anche le componenti idrauliche, meccaniche ed elettroniche. Al momento nel plant vengono prodotte 56 drivelines al giorno e queste sono divise in tre linee di assemblaggio, denominate T1, T2, T3, e sono per le seguenti gamme di trattori:
 - *Utility*
 - *Specialty*
 - *Crawler*
- **CABINE:** sono la parte superiore del veicolo, all'interno delle quali trova posto il conducente. In questo momento la produzione giornaliera di cabine presso il plant è di 66 elementi suddivisi su 2 linee, C1 e C2. Nella prima vengono realizzate

le cabine per lo Specialty, mentre dalla seconda escono cabine per l'Utility e la gamma APL.










- **TRATTORE FINITO:** nell'officina 2 viene assemblato il trattore finito in due tratti successivi con il passaggio intermedio del corpo trattore in verniciatura. Nei primi tratti viene assemblato il corpo trattore, quindi l'unione di trasmissione, motore, assali e ponti, poi questo viene portato nel reparto di verniciatura tramite trasporto aereo, e risiede ai secondi tratti dove vengono montati tutti gli altri componenti che troviamo nel trattore finito, come collegamenti elettrici e idraulici, cabina, serbatoio e gomme. Al momento nel plant di Jesi si producono 84 trattori al giorno suddivisi in due linee A2 e B2, di tutti e 3 i brand del segmento "Agriculture", New Holland, Case e Steyr.






I fornitori degli assali - comunemente chiamati ponti - del plant di Jesi sono gli stabilimenti di Modena e Carraro, e in piccola percentuale ITM e Aries. La fornitura dei motori è concessa univocamente a FPT, mentre per quanto riguarda le trasmissioni Jesi si rifornisce, anche se in piccole percentuali, da Modena e da TTF (Turkey). Infine, le cabine provengono da Cab plus e da Yaris Turkey.

L'impianto di Jesi si attiene ai più rigorosi standard qualitativi in modo da garantire un'affidabilità eccezionale delle macchine prodotte. Ogni singola trasmissione, prima dell'unione con il motore, e ogni singola cabina prima dell'assemblaggio sul trattore, vengono sottoposte a un severo programma di collaudi che simulano realisticamente vibrazioni e sollecitazioni di carico. Per tutti i trattori sono sottoposti a collaudo anche altri componenti come impianto idraulico, motore, trasmissione, sterzo, freni,

bloccaggio differenziale e articolazioni. Inoltre, ogni giorno vengono selezionati casualmente due trattori alla fine della linea di produzione che vengono controllati “dal punto di vista del cliente” presso il CQA (*Customer Quality Audit*); vengono valutati secondo un punteggio di demerito qualitativo con l’obiettivo di ottenere un feedback diretto utile poi per migliorare la futura produzione. I risultati vengono in seguito esaminati con i rappresentanti delle varie funzioni dello stabilimento, quali responsabili di produzione, ingegneri della qualità, fornitori e capisquadra della produzione.

Da quest’anno lo stabilimento di Jesi ha iniziato a produrre sei modelli per i tre brand, New Holland, Case e Steyr per un totale di 14 famiglie. Le gamme di trattori realizzate a Jesi vanno dagli 80 ai 140 hp¹⁰: sono quindi macchina di bassa potenza, mentre quelli di medio-alta potenza vengono prodotti nello stabilimento di Basildon, in Inghilterra. In aggiunta ai cinque modelli consolidati negli anni passati, va a sommarsi al già ampio portafoglio di prodotti l’APL SH CVT/DCT che viene prodotto per tutti e 3 i brand ed è il trattore più potente mai realizzato a Jesi con i suoi 140 hp.

APL Platform		
T5 Autocommand APL CVT DCT		  Hp range: 110-120-130-140
T5_EC Farmall_U		  Hp range: 100-110-120
TD5 FARMAL_A		  Hp range: 85-95-105-115

Specialty Platform		
T4 N/V/F Quantum N/V/F		  Hp range: 80-90-100-110
Crawler T4, T3		 Hp range: 80-90-100-110





Utility Platform		
T5_DC Farmall_C Kompakt		   Hp range: 75-85-95-105-115

Figura 2.8 - Portfolio prodotti Jesi Plant

¹⁰ hp – horse power, unità di misura cavallo vapore

Un dato che non può non essere menzionato è l'indice di ripetibilità inteso come rapporto tra il numero di trattori prodotti nell'anno diviso il numero di varianti realizzate nello stesso anno. Nell'anno 2018 l'indice di ripetibilità si è attestato sul valore di 1,5, ed è sceso rispetto all'anno precedente in cui è stato registrato pari a 1,6. Questo indicatore è molto significativo poiché mostra quanti trattori uguali sono stati prodotti in un anno, e rende subito chiara la complessità del processo di assemblaggio dello stabilimento di Jesi, in quanto in un anno vengono prodotti soltanto 1,5 identici.

I volumi di produzione sono ormai stabili da 3 anni intorno alle 17.000 unità all'anno, con quasi il 70% dei trattori prodotti a marchio New Holland.



Figura 2.9 - Trend volumi di produzione del plant di Jesi

2.3.3 Altri aspetti significativi dello stabilimento di Jesi

Le numerose gamme di prodotto, e in particolar modo l'elevato numero di varianti da realizzare per soddisfare le richieste del cliente, fanno sì che Jesi sia un sito produttivo complesso e articolato. Inoltre, un altro aspetto importante è relativo alle variazioni dei volumi di produzione durante l'anno, dovuti alla variabilità della domanda, cosa che

rende ancor più complicata la gestione della produzione. La quantità di trattori immatricolati è molto più bassa rispetto al settore *automotive* e questo riduce la possibilità di realizzare investimenti importanti per poter dotare le linee produttive di maggior livello tecnologico.

Tale realtà si riflette nel management, responsabile della produzione nei tempi stabiliti dal mercato; inoltre, è fondamentale garantire ai clienti la qualità progettata del prodotto. Oggi il processo è di tipo manifatturiero, che conta sul capitale umano per assemblare il prodotto. Questo permette di avere una flessibilità notevole, potendo anche contare sull'importante *know-how*¹¹ metalmeccanico del plant, ma comporta la necessità di un continuo miglioramento dal punto di vista formativo e dell'eliminazione dell'errore umano.

¹¹ Know-how – saper fare, conoscenza acquisita nel tempo nel realizzare e vendere un prodotto

3 World Class Manufacturing

Il World Class Manufacturing, conosciuto con la sigla WCM, può essere definito come una metodologia di produzione che deriva dalla fusione di alcune filosofie produttive giapponesi del dopoguerra, che si indirizzavano verso una produzione snella ed efficace.

Il WCM è un percorso verso il miglioramento continuo con lo scopo di valutare e attaccare tutti i tipi di perdite e sprechi, siano essi di tempo, qualità o materiali, attraverso l'applicazione di metodologie standard e con il coinvolgimento di tutto il personale dell'azienda, a prescindere dalla funzione che si svolge o dal ruolo che si ricopre.

Il percorso, che è alle spalle dello sviluppo e del successo di questa logica, parte da molto lontano e nello specifico inizia con le prime forme di sistemi produttivi.

3.1 I processi produttivi e la loro evoluzione

Un sistema produttivo è l'insieme di uomini, macchine, attrezzature e organizzazione legati da un flusso comune di materiali e di informazioni finalizzato alla realizzazione di prodotti e di servizi dell'azienda.

Un processo produttivo invece è il procedimento tecnico attraverso cui avviene la trasformazione di input forniti al sistema, in prodotti e servizi; l'obiettivo principale di un processo produttivo è di creare valore per l'utente finale.

Nella figura sottostante è rappresentato un modello esemplificativo del processo produttivo: il sistema di produzione prende l'input (materiale, energia, informazioni) e

realizza prodotti o servizi per il cliente come output, attraverso l'uso di manodopera, macchine, attrezzature e metodi.

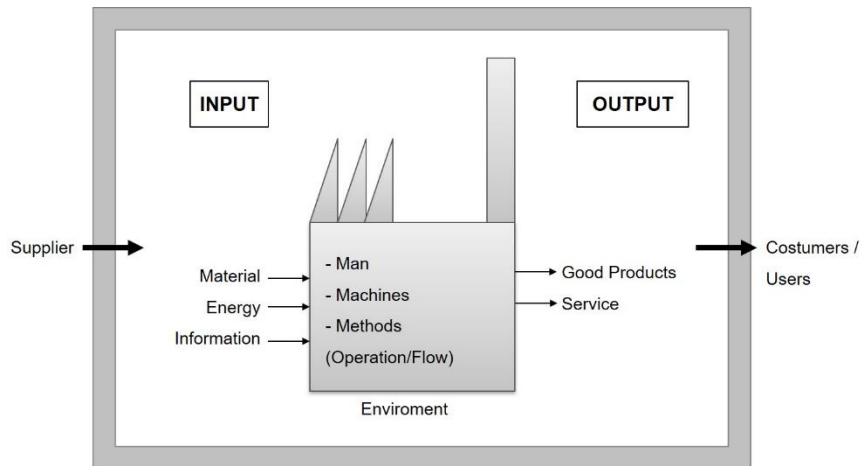


Figura 3.1 - Schema di un sistema produttivo

Il vero e proprio sistema produttivo nasce nei primissimi anni del Novecento, quando Frederick W. Taylor, ingegnere meccanico statunitense, inizia a concentrarsi sui tempi e sui singoli movimenti dell'operatore durante una lavorazione, con l'idea di poter ottimizzare il tempo di lavoro. La sua ipotesi consiste essenzialmente nel supporre l'esistenza di un "unico miglior modo" ("one best way") per compiere qualsiasi operazione. La strada percorsa da Taylor per la direzione degli impianti industriali è definita *Taylorismo*.

Le sue idee sono poi sviluppate in maniera pratica da Henry Ford, grazie anche all'avvento della catena di montaggio; si inizia a parlare di "Fordismo", ovvero l'applicazione pratica di questi principi nelle fabbriche automobilistiche Ford negli Stati Uniti. Nello stesso periodo si assiste anche ad un grande sviluppo nell'ambito delle innovazioni tecnologiche che permette di raggiungere un sistema produttivo all'avanguardia per quel tempo.

Le fabbriche della Ford realizzavano principalmente una produzione di massa su grandi volumi, una forte standardizzazione e un'indifferenziazione del lavoro. Proprio in quegli anni Henry Ford affermava *"tutti avranno l'auto che vorranno, purché sia nera"*, frase storica che si riferiva al fatto che la standardizzazione imponeva soltanto una vernice per tutte le auto.

Diventa un simbolo del *"Fordismo"* la Ford T, definita poi come auto del popolo perché economica, poiché rappresenta al meglio la teoria Ford-Taylorista basata sulla standardizzazione e sulle economie di scala che presero piede nel Nord America. Questo modello di vettura permetteva di facilitare al massimo il processo produttivo, rendendolo più regolare, veloce e semplice; in tal modo era sufficiente una preparazione generica del lavoratore e i costi da affrontare erano minori, ma allo stesso tempo spingeva ad un utilizzo maggiore delle auto e questo consentiva di compiere nuovi investimenti.

L'obiettivo principale di Ford rimaneva l'ottimizzazione della produttività. Ciò che portava in vantaggio Ford rispetto ai competitors era proprio la standardizzazione del prodotto a basso costo; questo ha comportato l'affermarsi della fabbrica di grandissime dimensioni e successivamente la nascita e lo sviluppo di nuovi modelli produttivi che si basano sulla capacità di organizzazione, di pianificazione e di coordinamento. Questo approccio, che guardava più alla produzione che alla richiesta del cliente, viene poi modificato dai produttori giapponesi di automobili e di elettronica, che riescono ad ottenere un equilibrio ottimale tra standardizzazione del prodotto e flessibilità della

produzione. Negli anni '60 e '70 le industrie giapponesi Toyota definiscono un sistema coordinato di metodi e approcci alla produzione denominati *Toyota Production System*.

Focus della produzione	Taylorismo "estremo" fino agli anni '70		Taylorismo "partecipativo" anni '80-'90		Lean dagli anni '00	
	Qualità Costi Tempo	Costi	Qualità Costi Tempo	Qualità	Qualità Costi Tempo	Valore
Mercato	Insaturo		In saturazione		Saturo	
Domanda	>Offerta		Di sostituzione		<Offerta	
Concorrenza	Scarsa		Elevata		"Selvaggia"	
Gamma	Limitata		Estesa		"Infinita"	
Prodotto	Standard		Standard + Optionals		Moltissime configurazioni	
Cliente	Elementare		Esigente		Molto esigente	
Volumi	Alti		Medi		Bassi	
Tecnologia	Semplice e dominante (meccanica e chimica)		Alta e dominante (elettronica e automazione)		Alta e adattiva (tutte le tecnologie)	
Flessibilità	Bassa		Crescente		Elevata	
Tempi	Lunghi		Brevi		Brevissimi	
Make or Buy	Make		Buy		Make	

Figura 3.2 - Evoluzione tecnologica dei sistemi produttivi

3.2 Dal Toyota Production System al modello WCM

Si inizia a parlare del *Toyota Production System* (TPS) negli anni '50 in Giappone, quando la Toyota Motor Corporation decide di sviluppare all'interno del proprio sistema produttivo la nuova metodologia *Just in Time*. Alla base del TPS si trova l'idea di "fare di più con meno", cioè di utilizzare le poche risorse disponibili nel modo più efficiente possibile con l'obiettivo di incrementare notevolmente la produttività dello stabilimento. Grazie a questa nuova metodologia si supera l'economia di scala di stampo Fordista, attribuendo maggior importanza alle richieste e ai desideri del cliente, il quale acquista più rilevanza all'interno del sistema produttivo.

Il *Just in Time*, comunemente abbreviato in JIT, espressione inglese che significa "appena

in tempo”, è una filosofia industriale che ha invertito il “vecchio metodo” di realizzare prodotti per il magazzino in attesa di essere venduti (logica *push*), nella logica di tipo *pull* secondo cui è necessario produrre soltanto ciò che è stato già venduto o che si prevede di vendere in tempi brevi.

In altre parole, è una politica di gestione delle scorte a ripristino che utilizza metodologie volte a migliorare il processo produttivo, con l’obiettivo di ottimizzare non tanto la produzione, ma piuttosto le fasi a monte, di alleggerire al massimo le scorte di materie prime e di semilavorati necessari alla produzione. Si tratta dunque di riuscire a coordinare i tempi di effettiva necessità dei materiali sulla linea produttiva con la loro acquisizione e disponibilità nel ciclo produttivo e nel momento in cui debbono essere utilizzati. Il JIT diventa molto velocemente uno dei metodi più conosciuti e utilizzati della filosofia produttiva giapponese ed ha permesso una serie di miglioramenti che hanno comportato effetti assolutamente inaspettati nella produzione meccanica.

Altri principi fondamentali inclusi nella metodologia del TPS da adottare nei diversi livelli dei processi produttivi sono:

- La stabilità operativa, che comprende la standardizzazione delle attività, l’integrazione di tutti gli stakeholders¹² e la non interruzione dei flussi;
- Il *Jidoka*: termine giapponese che rappresenta l’automazione, intesa come automazione intelligente o a misura d’uomo. Significa dotare ogni macchinario di un sistema di bloccaggio e formare ogni operatore in modo da permettergli di arrestare il processo in caso di anomalia della macchina. L’efficacia

¹² Stakeholders – Ciascuno dei soggetti direttamente o indirettamente coinvolti in un progetto o in un’attività di un’azienda

dell'automazione deriva dalla capacità di individuare gli errori e rendere le cause dei problemi visibili appena questi si verificano, facilitandone così l'eliminazione;

- L'introduzione dei *KAIZEN*, composizione di due termini giapponesi, *KAI* (cambiamento, miglioramento) e *ZEN* (buono, migliore), ovvero cambiare in meglio o miglioramento continuo (efficienza dei fattori produttivi sviluppando sistemi di gestione finalizzati al raggiungimento della perfezione).

L'industria automobilistica Toyota, attraverso questi principi, riesce ad ottenere importanti successi che suscitano interesse anche nell'industria occidentale. La metodologia TPS e tutti gli approcci e i principi formalizzati vengono racchiusi anche sotto il nome di *Lean Manufacturing*, che inizia a diffondersi ad ampio raggio anche nelle industrie occidentali. Con il concetto di *Lean Manufacturing* si definisce la gestione organizzativa e produttiva caratterizzata dalla continua ricerca dell'eliminazione degli sprechi con l'obiettivo di massimizzare il rapporto tra valore e costo.

Il *Lean Thinking* è un modo di pensare sistemico che va al di là dell'ambito della produzione, e comporta un continuo processo di crescita delle persone, dell'organizzazione e della cultura aziendale, in modo da eliminare gli sprechi e rendere eccellenti i processi produttivi.

"Il pensiero snello aiuta a definire precisamente il valore dei singoli prodotti, a identificare il flusso di valore per ciascun prodotto, a far sì che questo flusso scorra senza interruzioni e il cliente "tiri" il valore dal produttore e a perseguire, infine, la perfezione".

(Womack and Jones 1996).

I principi cardine della filosofia *lean* che devono essere accolti da un'azienda per poter adottare il *Lean Thinking* sono i seguenti:

- *Value* – valore: ripensare al valore dal punto di vista del cliente, che è colui che è disposto a pagare per ottenere quel prodotto o servizio;
- *Map* – mappa: mappare il flusso del valore in modo da individuare gli sprechi;
- *Flow* – flusso: creare un flusso per ridurre il *lead time*¹³. I processi vengono riorganizzati in modo che il flusso di prodotti o attività scorrano senza interruzioni attraverso le varie fasi di aggiunta di valore;
- *Pull* – tirare: far tirare la produzione dal cliente. Consiste nel far sì che produzione e fornitura siano coordinate con le richieste del mercato;
- *Perfection* – perfezione: da raggiungere attraverso un miglioramento continuo.

La caratteristica più rilevante di questa filosofia, in quegli anni, era la flessibilità di risposta alle esigenze del mercato e quindi alle richieste del cliente. Tale aspetto era la chiave per rendere un'azienda competitiva in quanto era considerata una delle priorità per poter superare i competitors; costi, qualità e innovazione rappresentavano invece un requisito per l'ingresso nel mercato.

Successivamente al *Toyota Production System* si sono sviluppati e diffusi altri modelli che implementano la *Lean Production*, ognuno dei quali ha apportato aggiornamenti e modifiche; tra questi si ricordano:

¹³ Lead time – tempo di attraversamento: tempo che intercorre tra l'arrivo delle materie prime e l'immissione del prodotto finito sul mercato

- *Total Quality Management* (TQM o anche TQC): impedisce che si verifichino difetti nel prodotto eliminandone le causa del problema con un miglioramento costante del ciclo produttivo, raggiungendo percentuali di qualità del prodotto mai ottenute prima.
- *Total Industrial Engineering* (TIE): consiste in una serie di metodi e strumenti che massimizzano la performance del lavoro manuale grazie alla riduzione di *Muri* (operazioni innaturali e difficili), *Mura* (operazioni irregolari) e *Muda* (operazioni a non valore aggiunto) e grazie alla separazione del lavoro manuale da quello delle macchine con l'utilizzo di appositi sensori.
- *Total Productive Maintenance* (TPM): è una tecnica giapponese nata negli anni '60-'80 che delinea un sistema produttivo che mira al raggiungimento della massima efficienza aziendale. Storicamente nasce per garantire la massima efficienza degli impianti, focalizzando l'attenzione sulle attività degli operatori, dei manutentori e dei tecnici di processo. In seguito vengono strutturate anche le attività che riguardano la qualità, lo sviluppo del personale, la sicurezza e l'ambiente. L'equivoco che spesso emerge, che il TPM sia una metodologia legata solo alla manutenzione degli impianti, deriva da questa sua evoluzione durante gli anni.

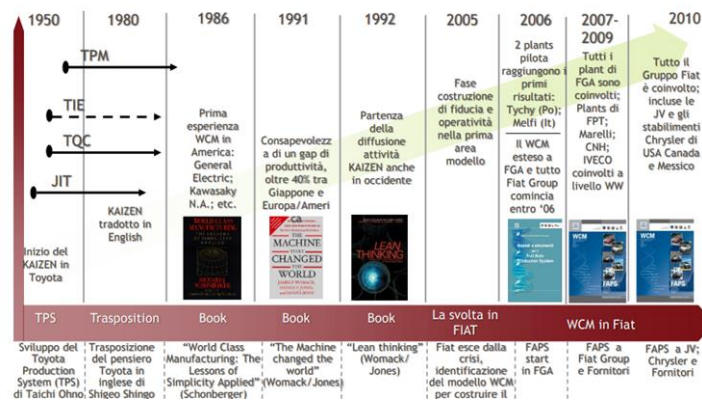


Figura 3.3 - Evoluzione temporale delle diverse filosofie di produzione

Il WCM nasce negli Stati Uniti negli anni '80 dall'integrazione di TPM, TIE, TQM e le logiche di produzione snella poste in strettissima correlazione con la funzione del Cost Deployment¹⁴. Questa metodologia porta il gruppo di lavoro a dover affrontare le problematiche di qualsiasi genere - manutentive, logistiche, di sicurezza, qualitative, organizzative, di organizzazione del posto di lavoro - sulla base della loro incidenza economica.

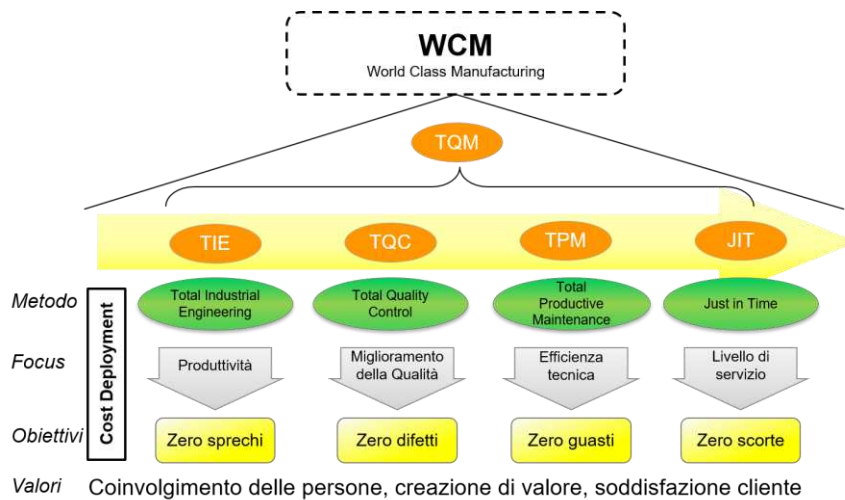


Figura 3.4 - Origini del WCM

¹⁴ Cost Deployment – metodo di analisi dei costi di produzione di una entità, focalizzato alla evidenziazione delle fonti di perdita economica che gravano sui costi variabili di produzione. Al suo sviluppo contribuiscono tutte le funzioni dell'entità produttiva.

Una delle prime aziende americane a adottare la metodologia WCM fu la General Electric nel 1986. In Italia il WCM si diffonde soltanto nel 2005 grazie a FIAT in uno stabilimento pilota, a Melfi, con l'aiuto del professor Yamashina; successivamente l'azienda decide di implementarlo anche in un secondo stabilimento pilota in Polonia, Tychy. I risultati si vedono subito e nel 2007 il WCM viene esteso su tutti gli stabilimenti appartenenti alle future FCA (Fiat Chrysler Automobiles) e CNH Industrial.

3.3 I principi del WCM

Il World Class Manufacturing (WCM) è un programma di lavoro innovativo che si basa su alcuni principi identificabili in primo luogo nel coinvolgimento di tutti i lavoratori presenti in azienda, indipendentemente dalla funzione svolta e dal ruolo che si ricopre, in modo tale da stimolare un lavoro produttivo e lo sviluppo di tecniche di *problem solving*. Gli altri principi del WCM sono relativi all'impiego rigoroso di metodologie approvate e standard, all'importanza e al peso che si dà agli obiettivi che vengono posti all'inizio del lavoro e alla gestione degli sprechi.

Il mercato è sempre più una realtà dinamica e imprevedibile, il cliente diventa continuamente più esigente e più attento alla qualità e alla personalizzazione del prodotto piuttosto che al prezzo. Proprio per tutti questi aspetti si richiede all'azienda una flessibilità notevole per potersi adattare alle repentine fluttuazioni del mercato nel breve periodo, che porta inoltre ad un'impossibilità di dimensionare in modo corretto e preciso il sistema produttivo.

Il sistema produttivo per rispondere a tali cambiamenti deve evolversi nei suoi diversi aspetti:

- La logistica deve poter rispondere efficacemente alle variazioni del mercato, perciò deve essere flessibile e mirata alla produzione di piccoli lotti;
- La qualità del prodotto risulta essere un punto critico e l'obiettivo è far sì che questa diventi intrinseca nel prodotto e nel processo piuttosto che venir controllata alla fine della linea di produzione sul prodotto finito;
- Le scorte seguono la filosofia del *Just in Time*, ovvero iniziare con una produzione a piccoli lotti per raggiungere l'obiettivo del "*one piece flow*¹⁵". È inoltre fondamentale diminuire i tempi di set-up delle macchine in modo da rendere il più flessibile possibile la produzione;
- È necessario che l'organizzazione del lavoro diventi più flessibile e coinvolga tutto il personale e tutte le aree aziendali con l'obiettivo comune del miglioramento continuo in tutte le fasi del processo.

In sintesi, il fine principale della metodologia WCM è riuscire a portare sul mercato prodotti di ottima qualità a prezzi competitivi, rispettando le esigenze del cliente e assicurando la massima flessibilità del sistema produttivo.

Si possono definire in maniera più dettagliata i 10 principi su cui si basa il WCM:

1. La Sicurezza è il fondamento di Performance a livello World Class.
2. I leader del WCM hanno una passione per gli standard.
3. In una azienda World Class la voce del cliente può essere udita nello stabilimento.
4. Il WCM non accetta perdite di alcun tipo (l'obiettivo è sempre Zero: incidenti, difetti di qualità e di servizio, scorte, guasti, ecc.).

¹⁵ One piece flow – un pezzo alla volta

5. Una applicazione rigorosa del WCM garantisce l'eliminazione delle perdite.
6. In uno stabilimento World Class tutte le anomalie sono immediatamente visibili (es. polvere e fonti di contaminazione, schemi di controllo, parti difettose, ...)
7. Il WCM si realizza nel posto di lavoro, non in ufficio
8. Il WCM si impara mettendo in pratica le tecniche con i team di stabilimento
9. La forza del WCM deriva dal coinvolgimento delle persone.
10. Le Aziende WCM generano una grande energia verso il successo continuo.

Come è spiegato dal quarto principio della lista appena presentata, il WCM si basa sull'eliminazione di qualsiasi tipo di perdite e quindi di inefficienze all'interno dello stabilimento. Il paradigma del WCM è *Zero*, in particolare si possono elencare i 9 Zeri:

- ZERO insoddisfazione del cliente
- ZERO disallineamenti
- ZERO burocrazia
- ZERO insoddisfazione degli azionisti
- ZERO sprechi
- ZERO lavoro che non crei valore
- ZERO fermi
- ZERO opportunità perse
- ZERO informazioni perse

Il modo per raggiungere tale paradigma è trovare gli sprechi per poterli poi ridurre ed eliminare. Lo spreco è l'impiego di risorse ed energie che non aggiunge valore al prodotto, per cui il cliente non è disposto a pagare. Gli sprechi vengono classificati in

otto categorie, ricordando l'acronimo TIM WOODS¹⁶: trasporti, scorte, movimentazione, attese, sovrapproduzione, extra lavorazione, difetti, cattiva gestione delle risorse umane. Tramite il Cost Deployment si individuano le perdite maggiori, quelle evidenti e quelle nascoste, in modo tale da trovare delle azioni correttive per poterle ridurre e nel migliore dei casi eliminarle.

<p>TRANSPORT</p> 	<p>INVENTORY</p> 	<p>MOTION</p> 	<p>WAITING</p> 
<p>Unnecessary moving things, equipment, parts, tools and materials from one location to another.</p>	<p>Making more than customer demand, building up unnecessary stocks.</p>	<p>Unnecessary movement; people walking to get things which should be located closer to the point-of-sale.</p>	<p>Delays between operations because part are missing. Stopped work: waiting for parts, machines, or people.</p>
<p>OVER PRODUCTION</p> 	<p>OVER PROCESSING</p> 	<p>DEFECTS</p> 	<p>SKILLS</p> 
<p>Making too much or too many. Completing a task before it is needed. Making products that the customer hasn't ordered.</p>	<p>Duplicate or redundant operations, performing wasteful steps that are not required. Often because "we always do it this way."</p>	<p>Failing or produce a quality part the first time generating rework or scrap. Not delivering the product or service "right the first time".</p>	<p>Failing to use skills and capabilities of the workforce. Not listening to people, using their knowledge or learning from past mistakes/issues</p>

Figura 3.5 - Le 8 fonti di spreco secondo Tim Woods

3.4 Implementazione del WCM in FCA e CNH

La metodologia WCM viene importata e applicata in Italia nel 2005 dal gruppo FIAT, oggi FCA (Fiat Chrysler Automobiles) che ha contribuito alla rinascita del gruppo automobilistico. Tutte le società del gruppo FIAT, compresa CNH, hanno aderito al WCM,

¹⁶ TIM WOODS – 8 fonti di spreco: Transport, Inventory, Motion, Waiting, Over production, Over processing, Defects, Skills

mentre il gruppo Chrysler lo ha implementato soltanto nel 2009 quando è stato acquisito da Fiat. Per testare il nuovo modello di produzione sono stati scelti due stabilimenti pilota, Melfi in Italia e Tychy in Polonia; a seguito degli ottimi risultati ottenuti in questi due plant il gruppo ha deciso di estendere il WCM a tutti gli stabilimenti. L'evoluzione del WCM e delle sue applicazioni nel tempo venne promossa in un primo momento dalla *EU Japan Center for industrial cooperation*¹⁷ e successivamente dalla *WCM Association*¹⁸.

La principale innovazione introdotta negli ultimi venti anni nei modelli WCM classici riguarda l'inclusione del principio TIE (*Total Industrial Engineering*) che si affianca a JIT, TQC e TPM con l'interpretazione innovativa che ne ha dato Hajime Yamashina, prima all'interno della *WCM Association*, e successivamente per Fiat Chrysler Automobiles. Il professore sosteneva infatti che il TIE era: *"A system of methods where the performance of labor is maximized by reducing Muri (unnatural operation), Mura (irregular operation) and Muda (non-value added operation), and then separating labor from machinery through the use of 36 sensors techniques*¹⁹".

L'uso diffuso dei principi del WCM in tutti gli stabilimenti CNH Industrial consente all'intera azienda di condividere una cultura comune basata su processi efficienti e su un

¹⁷ EU-Japan Centre for Industrial Cooperation - Fondata nel 1987, è una associazione tra la Commissione europea e il governo giapponese finalizzata a promuovere tutte le forme di collaborazione industriale e commerciale tra l'EU e il Giappone e a migliorare la competitività e la collaborazione tra le aziende europee e giapponesi facilitando gli scambi di esperienza e di know how.

¹⁸ WCM Association - è una associazione che supporta le aziende nello sviluppo e nella implementazione del modello WCM. Il presidente onorario attuale è Hajime Yamashina. Nel 2013 la WCM Association comprendeva 166 aziende collocate in 16 diversi paesi, tra le quali oltre a FCA, Ferrero, Royal Mail, Ariston, Unilever, Atlas Copco, Barilla.

¹⁹ *"Un sistema di metodi dove la performance del lavoro è massimizzata attraverso la riduzione Muri (operazione innaturale), Mura (operazione irregolare), e Muda (operazione a non valore aggiunto), e poi separando il lavoro dai macchinari attraverso l'uso di 36 tecniche dei sensori"*

linguaggio universalmente riconosciuto in tutti gli stabilimenti e Paesi in cui opera CNH.

Ciò fa sì che tutti gli stabilimenti utilizzino lo stesso modello di miglioramento.

3.5 La struttura e i pilastri del WCM

La metodologia WCM implementata in FCA e in CNH Industrial si basa su dieci pilastri tecnici e altrettanti manageriali, ognuno dei quali ha dei compiti e degli scopi ben precisi, ma che collaborano continuamente per raggiungere gli obiettivi comuni a tutta l'azienda.

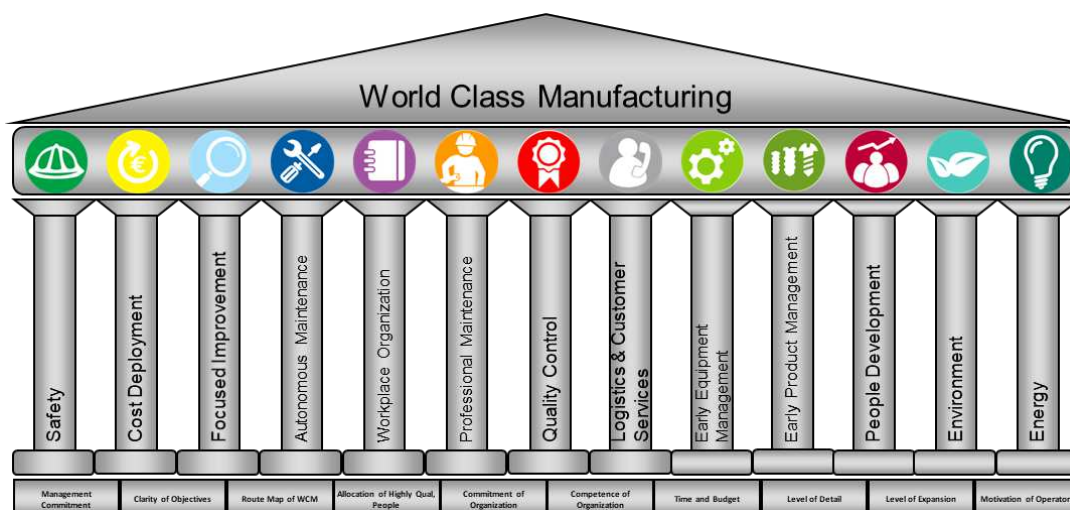


Figura 3.6 - I pilastri tecnici e manageriali del WCM

Si elencano innanzitutto i dieci pilastri tecnici e successivamente i restanti dieci manageriali:

1. **SA (Safety):** il pilastro ha lo scopo di migliorare l'ambiente lavorativo ed eliminare le condizioni che potrebbero potenzialmente generare incidenti e infortuni all'interno dello stabilimento. Gli obiettivi prefissati si raggiungono attraverso la

diffusione della cultura della sicurezza ad ogni livello organizzativo e il coinvolgimento in un processo crescente di sensibilizzazione riguardo la sicurezza.

2. *CD (Cost Deployment)*: il pilastro centrale e alla base di tutti gli altri, rappresenta la vera novità del modello implementato da Yamashima, è un sistema di contabilità industriale che individua in maniera scientifica e sistemica le perdite e gli sprechi, li traduce in termini economici e valuta la convenienza economica in termini di rapporto benefici/costi di ogni azione migliorativa.
3. *FI (Focus Improvement)*: il pilastro tecnico strettamente correlato al CD il cui obiettivo principale è l'eliminazione delle principali voci di perdita individuate proprio dal CD che impattano maggiormente sul budget. È un approccio focalizzato alla soluzione di problematiche specifiche e ben identificabili. Si propone di raggiungere il risultato a breve termine con un beneficio consistente. Perciò il pilastro FI si avvale di diversi strumenti e metodi mirati, tra cui: 5 Perché, Istogrammi, Analisi Causa Effetto, Stratificazione, 5W+1H ecc, seguendo la logica del ciclo di Deming: Plan Do Check Act.
4. *AA (Autonomous Activities) = AM (Autonomous Maintenance) + WO (Workplace Organization)*: AM si occupa del miglioramento del sistema impiantistico dello stabilimento con un approccio sistematico, coinvolgendo tutto il personale impegnato nella produzione, e fornisce ai macchinari un'ispezione continua che vuole contenere o meglio ancora prevedere guasti. Il pilastro AM ha quindi l'obiettivo di prevenire i breakdown degli impianti quando avvengono a causa della mancata conservazione delle condizioni di base degli impianti e dei macchinari. Il WO ha il compito invece di migliorare le postazioni di lavoro,

considerando anche aspetti ergonomici, produttivi e qualitativi, e ridurre le attività a non valore aggiunto. L'analisi sulle operazioni di lavoro ha il fine di determinare, con il coinvolgimento dei lavoratori, tutti quei movimenti che possono generare impatti negativi sulla qualità, su costi, sulla sicurezza e sul benessere dell'operatore, siano essi sbagliati, inutili, faticosi e pericolosi, per poi migliorarli o eliminarli.

5. *PM (Professional Maintenance)*: pilastro che prevede la realizzazione di un sistema di manutenzione capace di garantire che non ci siano interruzioni, micro-fermate e guasti dei macchinari e degli impianti sulle linee in modo da ottenere risparmi e aumento di efficienza. La manutenzione professionale appartiene al processo di miglioramento continuo del sistema tecnico del plant che è costituito dalle attività di FI, AM e PM, e da quelle di gestione anticipata dello sviluppo di nuovi impianti.
6. *QC (Quality Control)*: il pilastro persegue l'obiettivo della soddisfazione del cliente riducendo al minimo i costi, adeguando i sistemi produttivi e aumentando le competenze degli addetti sulla soluzione di problemi di qualità. Definisce le migliori condizioni dei processi produttivi per realizzare prodotti di qualità per i clienti. Quando le caratteristiche del prodotto non sono conformi, non è sufficiente standardizzare il processo, ma è necessario individuare e analizzare a fondo la causa radice per poi implementare contromisure adeguate.
7. *LCS (Logistics and Customer Service)*: il pilastro ha il compito di gestire i flussi logistici all'interno dello stabilimento ed esterni con i fornitori in modo che siano controllati e ottimizzati. Il pilastro LCS mira a minimizzare la movimentazione di materiale, a livello di trasporto, riducendo il più possibile anche la quantità di

scorte presenti in magazzino che rappresentano generalmente un importante costo di giacenza. Internamente invece la logistica punta ad avere una gestione con massima efficienza al minimo costo. Il pilastro LCS punta a raggiungere l'obiettivo di "zero forklift²⁰" per motivi di sicurezza; si cerca di utilizzare quindi di AGV²¹, tug, rulliere, fornendo il materiale con tecniche *Just in Time* o *Just in Sequence*.

8. *EEM + EPM (Early Equipment And Product Management)*: EEM si occupa delle misure che riguardano l'introduzione di nuovi macchinari o nuove attrezzature assicurandone l'affidabilità e la performance; EPM definisce invece le azioni che portano al lancio di nuovi prodotti.
9. *PD (People Development)*: si occupa dello sviluppo delle persone e deve garantire, attraverso un sistema di training, testing e coinvolgimento diretto degli operatori, che vuole portare alla luce il *know-how* di ogni lavoratore, una giusta collocazione di ognuno nelle attività lavorative.
10. *EN (Environment And Energy)*: è un pilastro che permette di conoscere, controllare e ridurre l'impatto ambientale generato dall'impianto produttivo e da tutto lo stabilimento. Si propone come obiettivo quello di ridurre i consumi energetici e l'impatto ambientale sia per rispettare le normative vigenti (ISO 14000)²² sia d'altro canto per limitare lo spreco di energie e risorse naturali che rappresentano comunque una voce di costo non indifferente.

²⁰ Forklift – caricatore a forche, comunemente muletto

²¹ AGV – Automated Guided Vehicle, veicoli a guida autonoma

²² Le normative internazionali ISO 14000 forniscono strumenti volontari manageriali per le organizzazioni che vogliono porre sotto controllo i propri aspetti e impatti ambientali e migliorare le proprie prestazioni in tale campo.

Come sostegno ai precedenti pilastri tecnici il WCM prevede la presenza di ulteriori 10 pilastri manageriali, che devono guidare e indirizzare le attività tecniche:

11. MANAGEMENT COMMITMENT: definisce l'impegno del management del plant che deve guidare il miglioramento continuo e le attività del WCM.
12. CLARITY OF OBJECTIVES – KPI²³: definisce la chiarezza e la coerenza degli obiettivi e dei KPI dello stabilimento.
13. ROUTE MAP TO WCM: definisce e condivide il cammino impostato per implementare il programma WCM all'interno dello stabilimento.
14. ALLOCATION OF HIGHLY QUALIFIED PEOPLE: definisce la necessità di figure ben formate con adeguate conoscenze da inserire nelle varie aree dello stabilimento.
15. COMMITMENT OF ORGANIZATION: definisce l'organizzazione generale al fine di raggiungere i risultati attesi in ottica WCM.
16. COMPETENCE OF ORGANIZATION: definisce una serie di strumenti e modelli da utilizzare in base alla problematica da attaccare, creando una specie di banca dati.
17. TIME AND BUDGET: definisce in modo chiaro il timing e il budgeting dei vari progetti WCM.
18. LEVEL OF DETAIL: definisce il livello di dettaglio che ogni stabilimento deve avere per poter meglio comprendere e attaccare le problematiche trovate.
19. LEVEL OF EXPANSION: definisce il livello di espansione delle attività di WCM all'interno dello stabilimento.

²³ KPI - Key Performance Indicator

20. MOTIVATION OF OPERATORS: definisce il coinvolgimento degli operatori che sono parte attiva nelle attività di WCM.

3.6 L'applicazione del WCM

Ogni pilastro nel WCM deve raggiungere l'eccellenza attraverso un percorso graduale articolato in sette step; si parte da una situazione base, indicata come step 0, e ci si impegna a raggiungere in modo progressivo, seguendo un percorso di continuo miglioramento, lo step conclusivo, ovvero lo step 7, che rappresenta la piena realizzazione di una gestione controllata ed efficace dell'intero processo o di una singola attività specifica.

Il percorso per raggiungere l'eccellenza nel WCM viene effettuato in due dimensioni:

1. PROFONDITÀ: si possono riunire i sette step in tre livelli:
 - REATTIVO, viene individuato il problema e successivamente si realizzano azioni correttive per ridurre gli effetti negativi causati, senza modificare in alcun modo il processo; (step 1-2-3).
 - PREVENTIVO, vengono esaminati e analizzati i processi e i relativi problemi con il fine di identificare e rimuovere le cause e per potenziare in maniera definitiva il processo; (step 4-5).
 - PROATTIVO, si studia il processo e sulla base dell'analisi dei rischi si adottano appropriate contromisure per prevenire gli errori, migliorare il processo e gli standard di lavoro; (step 6-7).

Nell'immagine seguente si può notare come sono distribuiti i sette step lungo la profondità di applicazione.

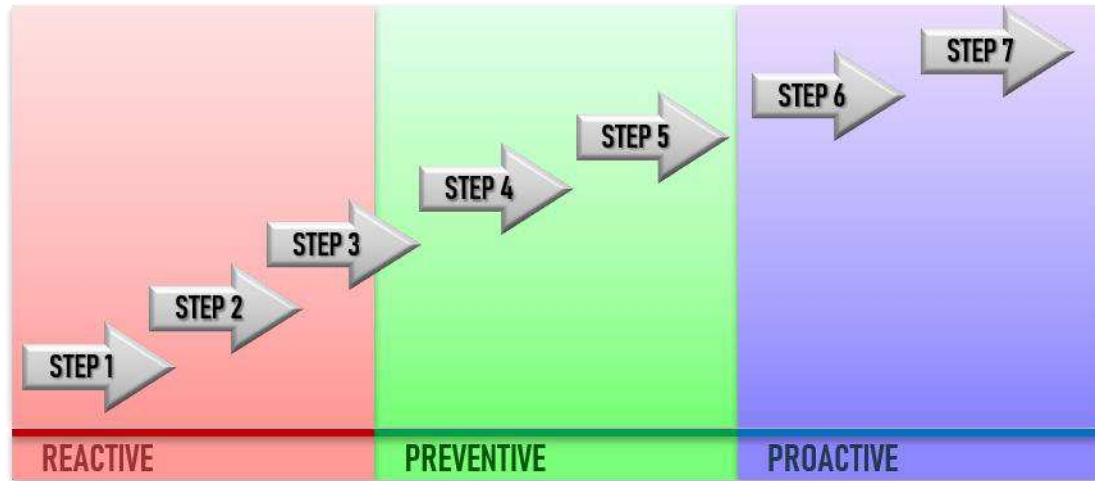


Figura 3.7 - Profondità e step

2. ESTENSIONE: nel percorso descritto dal WCM le attività partono sempre da una *model area*, individuata dal pilastro del Cost Deployment.

Prima di pianificare e realizzare una qualsiasi azione nei vari step è necessario uno studio preliminare con il quale si possano identificare le aree che devono essere attaccate realmente. Una volta portato a termine lo studio le aree vengono inserite in un diagramma di Pareto sulla base delle perdite economiche che derivano da esse e vengono classificate in ordine di priorità di intervento in:

- *Model Area MA*: è l'area in cui si presentano le perdite maggiori dal punto di vista economico ed è quindi l'area in cui devono essere indirizzate le prime azioni da implementare.
- *Area AA*: copre circa il 50% delle perdite totali insieme alla Model Area.

- *Area A*: copre circa il 20% delle perdite totali.
- *Area B*: copre circa il 20% delle perdite totali.
- *Area C*: è l'ultima area su cui intervenire perché presenta le perdite minori, circa il 10% delle perdite totali

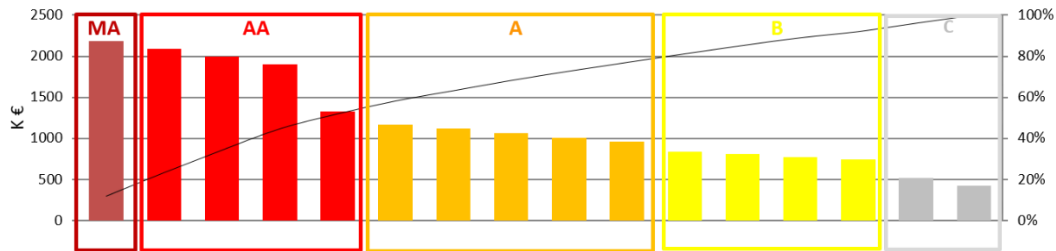


Figura 3.8 - Classificazione delle aree produttive in base alle perdite

Seguendo la metodologia del WCM, dopo aver determinato l'area da attaccare si procede con la realizzazione di un *kaizen*, ovvero un progetto migliorativo che viene sviluppato sulla base del ciclo di Deming PDCA.

Le fasi del ciclo di Deming sono essenzialmente 4:

- *P – Plan*: determinare gli obiettivi e i progetti di miglioramento necessari per fornire risultati in accordo con quelli attesi.
- *D – Do*: applicazione del programma definito dal piano di miglioramento, dapprima in contesti circoscritti. Attuare il piano, eseguire il processo, creare il prodotto. In questa fase devono essere raccolti anche i dati per la realizzazione di grafici e analisi da portare a termine nelle due fasi successive.
- *C – Check*: test e controllo, studio e raccolta dei risultati e dei riscontri. Analizzare i risultati misurati e raccolti nella fase "Do" e confrontarli con i risultati attesi definiti come obiettivi nella fase "Plan", per verificarne le

eventuali differenze. Cercare le deviazioni nell'attuazione del piano e focalizzarsi sulla sua adeguatezza e completezza per consentirne l'esecuzione.

- **A – Act:** azione per rendere definitivo e/o migliorare il processo (estendere quanto testato prima in contesti circoscritti all'intero stabilimento). Richiede azioni correttive sulle differenze rilevanti tra i risultati effettivi e quelli previsti. Analizza le differenze per determinare le cause e dove applicare le modifiche per ottenere il miglioramento del processo e del prodotto. Quando un progetto, attraverso questi quattro fasi, non comporta la necessità di migliorare la portata a cui è applicato, il ciclo PDCA può essere ottimizzato per pianificare e migliorare con maggiore dettaglio la successiva iterazione.

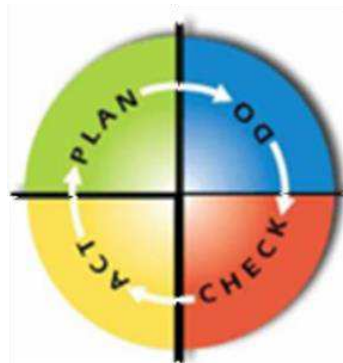


Figura 3.9 - Ciclo di Deming

Quando i progetti e le azioni correttive vengono portate a termine, si valuta l'efficacia con degli indicatori di attività (KAI: *Key Activity Indicator*), che misurano il rigore e il ritmo, e di performance (KPI: *Key Performance Indicator*), che sono differenti in base al pilastro e allo step.

3.7 Il sistema di Audit

Il WCM Central Organization controlla l'andamento degli stabilimenti che implementano la metodologia WCM attraverso un sistema di monitoraggio che si basa su degli *audit* periodici. Gli *audit* si tengono semestralmente in ogni stabilimento a cui si aggiungono due *pre-audit*, dette *review*.

Durante gli *audit*, l'*auditor* passa in rassegna l'operato di tutti i pilastri del WCM sulla base degli indicatori KAI e KPI, e definisce anche in quale step si trova ciascun pilastro. Le valutazioni esterne sono effettuate da un ente certificato, il *World Class Manufacturing Association*.

Per ogni pilastro, sia esso tecnico o manageriale, la valutazione è organizzata in 6 livelli (0-5). Il primo livello, lo 0, a cui corrispondono 0 punti, è assegnato ad un pilastro quando la metodologia WCM non è ancora stata implementata, o quando le attività di WCM non mostrano risultati soddisfacenti o non sono applicate correttamente. I livelli 1-5 certificano invece una corretta implementazione dei tools e dei metodi del WCM, sempre più avanzati e diffusi:

1. *Livello 1*: approccio reattivo (1 punto).
2. *Livello 2*: approccio preventivo – model area (2 punti).
3. *Livello 3*: approccio preventivo – espansione in tutto il plant a partire dalle aree più importanti (3 punti).
4. *Livello 4*: approccio proattivo – model area (4 punti).
5. *Livello 5*: approccio proattivo – espansione in tutto il plant a partire dalle aree più importanti (5 punti).

Il punteggio complessivo dello stabilimento si calcola come la somma dei punteggi dei singoli pilastri ed è definito in un indicatore chiamato *Methodology Implementation Index* (MII). In base al valore di questo indice si assegna al plant un riconoscimento:

- BRONZO (da 50 a 59 punti): condizioni base per una produzione competitiva. Corretta applicazione dei metodi. Approccio principalmente di tipo reattivo, creazione del *know-how*, corretta identificazione di sprechi e perdite, risultati importanti.
- ARGENTO (da 60 a 69 punti): buoni risultati in SAF, QC, CD e LCS grazie all'espansione. Inizio di un approccio preventivo e di un'espansione orizzontale. *Know-how* ampiamente diffuso in tutto lo stabilimento. Maggior dettaglio e accuratezza nella determinazione delle perdite e nell'incremento del numero di strumenti utilizzati. Questo è il livello al quale si trova il plant di Jesi.
- ORO (da 70 a 84 punti): il plant diventa leader nei *benchmarks*²⁴ esterni, nei KPI di almeno due pilastri (SAF, QC, CD, LCS, ENV/NRG). Approccio per lo più di tipo proattivo con notevole sostenibilità dei risultati. *Know-how* molto dettagliato e di alto livello.
- WORLD CLASS (da 85 a 100 punti): eccellenti livelli in diversi indicatori, World Class in SAF, QC, CD, LCS, ENV/NRG. Riconoscimenti da *benchmarks* esterni e competitività a livello mondiale anche con i competitors.

Oggi CNH Industrial ha raggiunto importanti risultati e traguardi in campo WCM:

- 2 Medaglie Gold

²⁴ Benchmark – punto di riferimento

- 17 Medagli Silver
- 28 Medaglie Bronze

Gli stabilimenti che hanno raggiunto il livello Oro sono il plant Iveco di Madrid e il plant Iveco di Valladolid che rappresentano due vere e proprie eccellenze in campo manufacturing.

Tale sistema premiante vuole essere uno stimolo per ogni lavoratore che ottiene un feedback del proprio operato ed è quindi più motivato a dare il massimo; inoltre, è un modo per avere una valutazione reale riguardo lo stato di implementazione del WCM in ogni stabilimento.

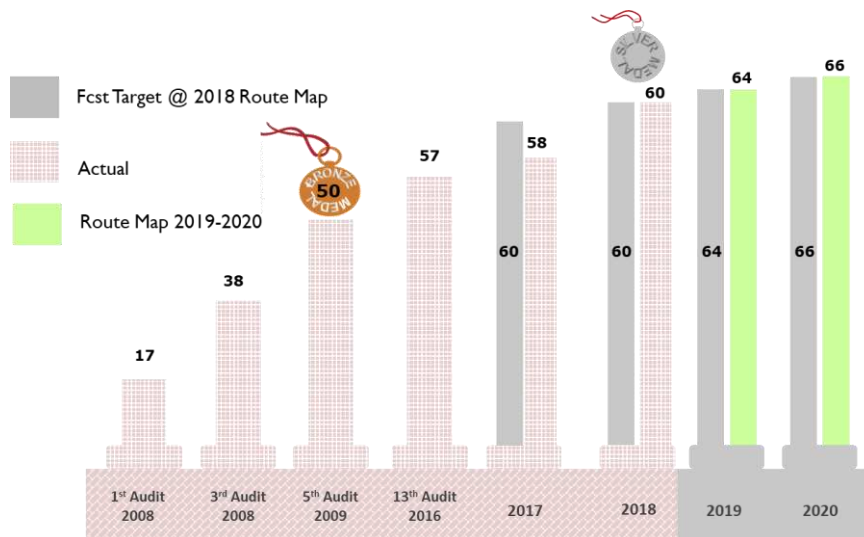


Figura 3.10 - WCM Route Map Jesi Plant

4 Il pilastro Workplace Organization (WO)

4.1 Aspetti generali del pilastro

Il Workplace Organization (WO) è uno dei due pilastri del WCM che fa parte dell'Autonomous Activities Pillar (AA), insieme all'Autonomous Maintenance (AM). Quest'ultimo si occupa dell'analisi e la gestione dei macchinari e delle attrezzature con lo scopo di ridurre le perdite dovute al loro deterioramento. Il Workplace Organization invece si focalizza sulla gestione e sull'analisi delle zone dette *labour intensive*, ovvero quelle parti della linea produttiva in cui è presente l'uomo, con l'obiettivo di ridurre le perdite dovute al deterioramento delle postazioni di lavoro ed eliminare incidenti.

Il principale obiettivo del WO, comune a tutti i pilastri, è l'incremento della produttività rispettando il principio del *Minimal Material Handling* (evitare o minimizzare gli spostamenti di cose e persone).

Il pilastro del Workplace Organization deve inoltre:

- migliorare l'ergonomia della postazione di lavoro e garantire la sicurezza del personale;
- assicurare la qualità del prodotto;
- rispettare i piani di produzione;
- realizzare il livello di servizio richiesto dalla rete.

Ragionando in ottica *lean production* il Workplace Organization si interessa principalmente di due tipi di perdita: movimentazioni a non valore aggiunto ed eventuali

difetti del prodotto, che ricordando gli otto sprechi con l'acronimo TIM WOODS corrispondono a *Motion* e *Defects*.

TRANSPORT	INVENTORY	MOTION	WAITING
			
<i>Unnecessarily moving things, equipment, parts, tools and materials from one location to another.</i>	<i>Making more than customer demand, building up unnecessary stocks.</i>	<i>Unnecessary movement; people walking to get things which should be located closer to the point-of-use.</i>	<i>Delays between operations because parts are missing. Stopped work: waiting for parts, machines, or people.</i>
OVER PRODUCTION	OVER PROCESSING	DEFECTS	SKILLS
			
<i>Making too much or too many. Completing a task before it is needed. Making products that the customer hasn't ordered.</i>	<i>Duplicate or redundant operations, performing wasteful steps that are not required. Often because "we always do it this way."</i>	<i>Failing to produce a quality part the first time generating rework or scrap. Not delivering the product or service "right the first time."</i>	<i>Failing to use skills and capabilities of the workforce. Not listening to people, using their knowledge or learning from past mistakes/issues.</i>

Figura 4.1 - Le 8 fonti di spreco secondo TIM WOODS

La *vision* del pilastro è quella del coinvolgimento di tutto il personale nel mantenimento di condizioni di lavoro efficienti, confortevoli e sicure, grazie a continue iniziative di miglioramento che puntino a raggiungere i seguenti obiettivi:

- l'eliminazione di operazioni che affaticano l'operatore, che presentano variabilità e che non aggiungono valore al prodotto;
- l'introduzione di lavori per cui servono più competenze;
- il controllo di qualsiasi tipo di anomalia;
- la stabilizzazione della produzione evitando i problemi;
- l'implementazione di automazioni low cost (Low Cost Automation – LCA) che hanno un impatto notevole sulle modalità di produzione;
- la separazione tra macchine e forza lavoro;

- la minimizzazione della movimentazione dei materiali, intesa come minimizzazione dei movimenti.

Per quanto riguarda l'ultimo punto, ovvero la movimentazione dei materiali, può essere considerata da due punti di vista differenti:

- *Macroscopico*: minimizzazione del prodotto. In questo caso si realizza un'analisi del processo e del flusso del materiale nel tempo e nello spazio, la sua trasformazione del grezzo al prodotto finito; tale compito è svolto dalla Logistica.
- *Microscopico*: minimizzazione delle movimentazioni delle persone. In questo caso è richiesta un'analisi delle operazioni e dei lavori svolti dal personale sul materiale; tale compito viene svolto dal pilastro del Workplace Organization.

Si cerca di migliorare ciascuna postazione di lavoro analizzando e studiando le singole operazioni con l'obiettivo di incrementare l'efficienza dell'intero processo. Il miglioramento viene realizzato implementando i 7 step del pilastro WO:

- *Step 0*: Attività preliminari
- *Step 1*: Pulizia iniziale
- *Step 2*: Riorganizzazione del processo
- *Step 3*: Definizione degli standard
- *Step 4*: Educazione alle caratteristiche del prodotto
- *Step 5*: Fornitura delle parti con JIT
- *Step 6*: Miglioramento degli standard
- *Step 7*: Standardizzazione del tempo ciclo.

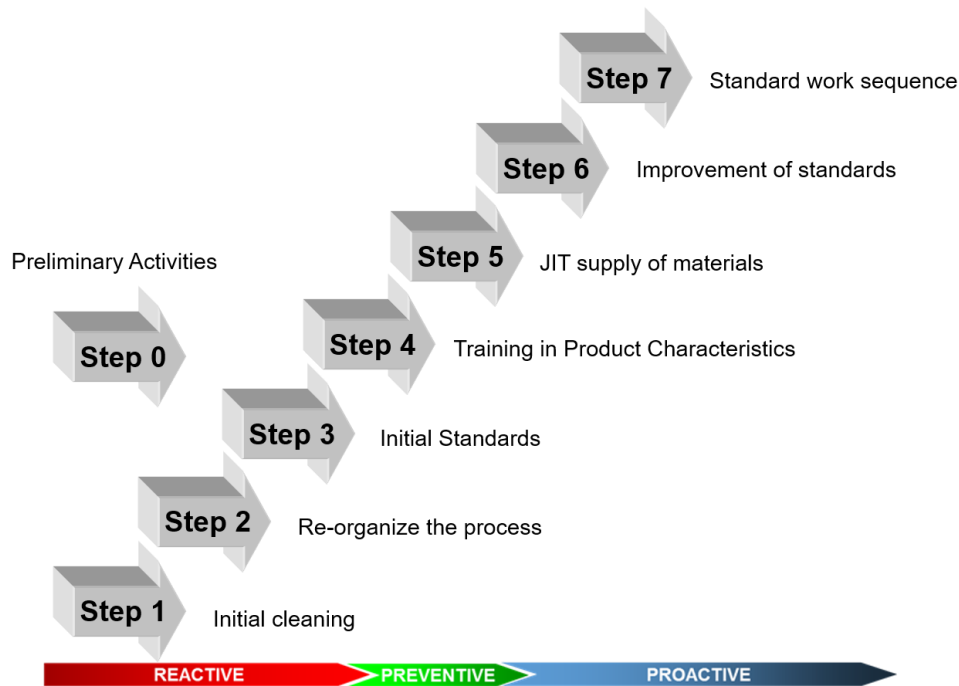


Figura 4.2 - I 7 Step del pilastro Workplace Organization

4.2 Costi, perdite e sprechi

Dal momento che il principale scopo del WO è quello di limitare e ridurre le perdite dovute al deterioramento delle postazioni di lavoro, risulta fondamentale trovare un metodo per valutare e quantificare perdite e sprechi.

Dapprima è importante capire la differenza tra il concetto di costo e quello di perdita e spreco:

- *Costo*: è misurato in denaro. Nel costo sono inclusi sia quelli relativi ad attività che non aggiungono valore al prodotto (NVAA) che ad attività che aggiungono valore (VA). Le attività a valore aggiunto (VA) sono ad esempio assemblare, verniciare, tagliare, avvitare, saldare, miscelare, forare, ecc.

- *Perdita e spreco*: sono misurate in unità fisica, ad esempio ore, unità, kwh, ecc. Sono imputabili ad attività che producono costi e che non aggiungono valore al prodotto, dette comunemente attività a non valore aggiunto. Per esempio: camminare, attendere, rilavorare, fare operazioni di set-up, movimentare, guasti, pezzi rigettati, usura dei materiali, ecc.

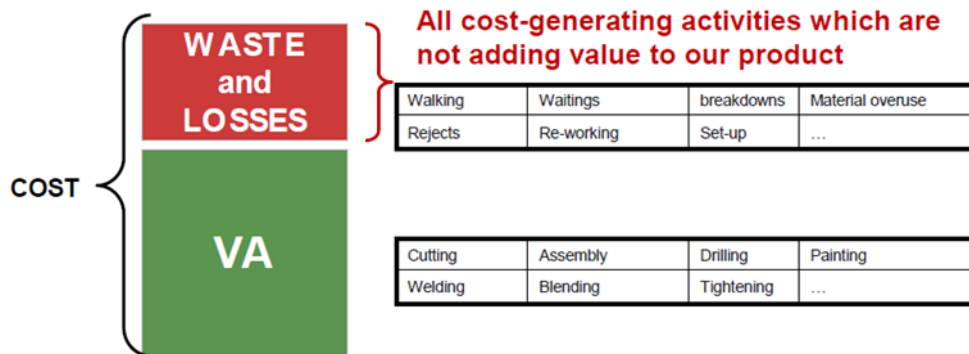


Figura 4.3 - Costi, perdite e sprechi

Per quantificare sprechi e perdite vengono definiti i due seguenti indicatori:

- *Efficienza*: utilizzato per valutare gli sprechi, è un indicatore che deve essere massimizzato. Per diminuire gli sprechi è necessario minimizzare l'eccesso di materiali in ingresso in ogni singola operazione.

L'efficienza è così definita:

$$Efficienza = \frac{Output (cost)}{Input}$$

- *Efficacia*: utilizzato per determinare le perdite, è un indicatore che deve essere massimizzato. Per diminuire le perdite è necessario massimizzare l'output prodotto.

L'efficacia è così definita:

$$Efficienza = \frac{Output}{Input (cost)}$$

È stata creata inoltre una classificazione delle attività sulla base del valore che aggiungono o meno al prodotto che si sta realizzando con l'obiettivo di rendere più semplice l'identificazione di perdite e sprechi. Le attività si dividono in 3 categorie:

1. *Not Value Added activities (NVAA)*: sono tutte quelle attività che hanno un costo ma non aggiungono valore al prodotto, ovvero quelle attività per cui il cliente non è disposto a pagare. Il WCM individua alcune categorie di attività a non valore aggiunto: imballare/disimballare, camminare, cercare, movimenti del corpo, attendere, utilizzo del paranco, movimentare, attività legate alla qualità non necessaria.
2. *Semi Value Added activities (SVAA)*: sono le attività che non possono essere eliminate sebbene non aggiungano direttamente valore al valore. Ad esempio: prendere e posizionare una parte per l'assemblaggio, prelevare gli avvitatori per il serraggio, mettere insieme parti per l'assemblaggio.
3. *Value Added activities (VAA)*: sono le attività che incrementano il valore del prodotto, qualsiasi attività per cui il cliente è disposto a pagare. Tali attività sono per esempio: ispezioni di qualità necessarie, prove di qualità, piegare, tagliare, forare, avvitare, saldare, incollare, inserire, identificare il prodotto, etichettare, ecc.

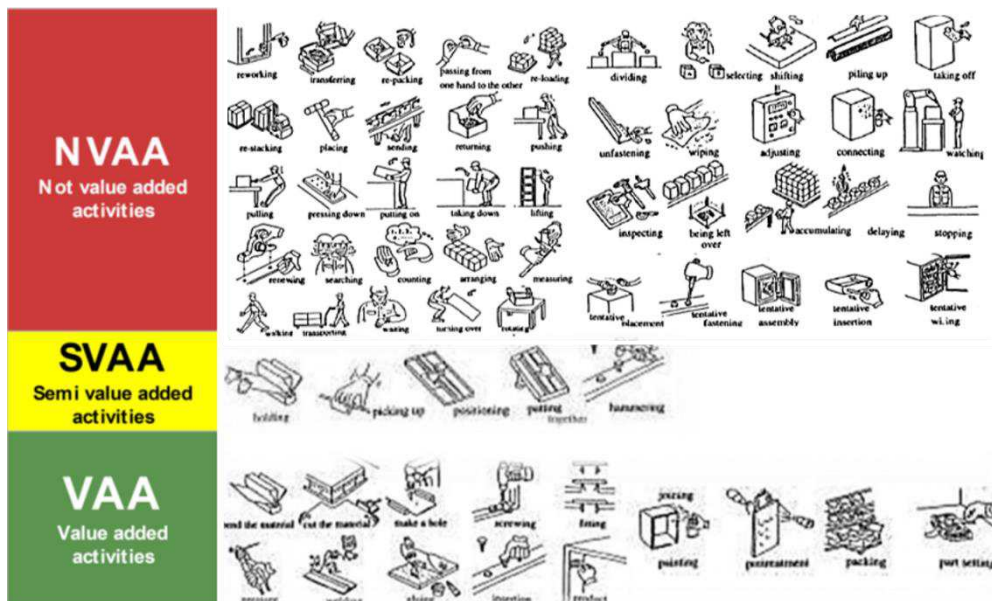


Figura 4.4 - NVAA, SVAA, VAA

L'identificazione delle attività a non valore aggiunto (NVAA) è in mano al reparto *Work Analysis* (analisi lavoro) dell'azienda, che studia i cicli standard di produzione al fine di analizzare ogni singola attività attraverso video o direttamente in postazione in officina. Maggiore è il tempo speso per realizzare queste analisi e maggiore sarà ovviamente la precisione e l'accuratezza dei risultati.

Le cause che portano al non valore aggiunto possono essere suddivise nelle *4M* (*Material, Machine, Man, Method*):

- *Material*: cause che derivano dalle caratteristiche dei materiali impiegati e dalla loro disposizione, come mostrato nella seguente figura.

In questo caso interviene il WO per quel che riguarda il layout dei containers, che deve essere ottimizzato.

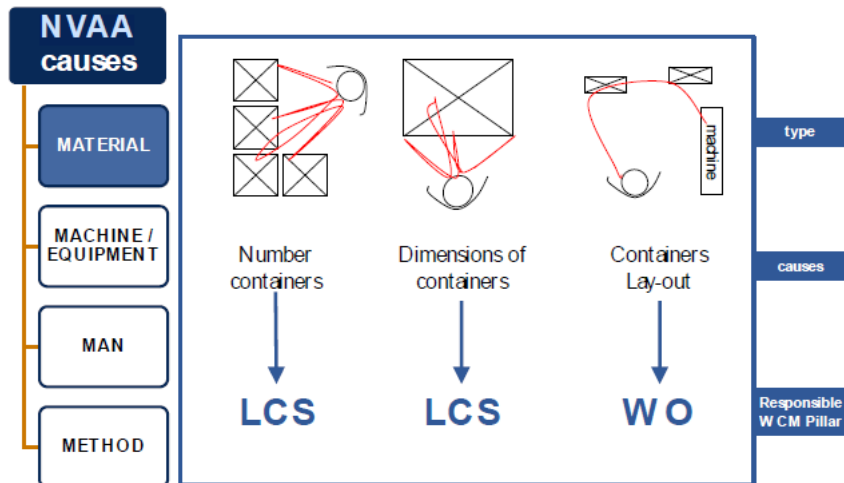


Figura 4.5 - Esempi di cause di tipo "Material"

- *Machine/Equipment*: cause che derivano dalle caratteristiche delle macchine e/o delle attrezzature utilizzate, come mostrato nella figura sottostante.

In questo caso il WO si occupa del layout della postazione ed entra in azione quando l'attrezzatura è lontana dalla postazione di lavoro.

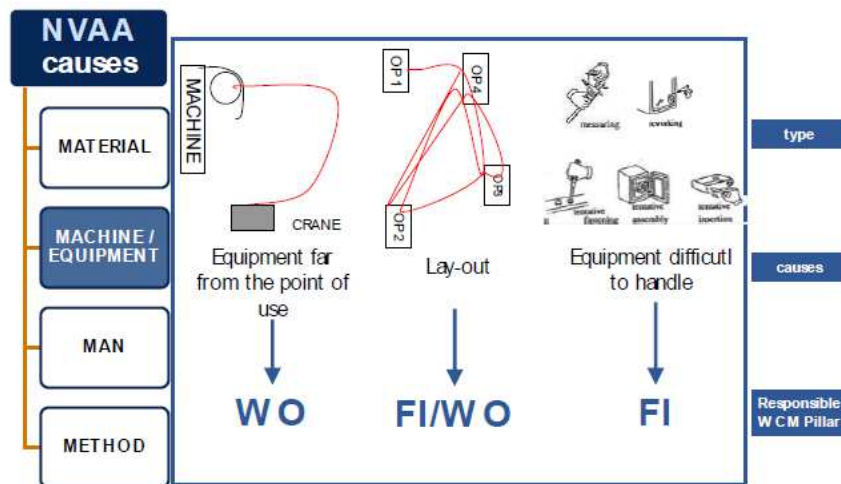


Figura 4.6 - Esempi di cause di tipo "Machine/Equipment"

- *Man*: cause che derivano dalle attività svolte dall'uomo.
- *Method*: cause che derivano da come le attività vengono svolte.

La figura che segue mostra le cause di tipo Man e Method; in quest'ambito il WO interviene quando c'è una mancanza di standard o gli standard attuali non sono ottimali.

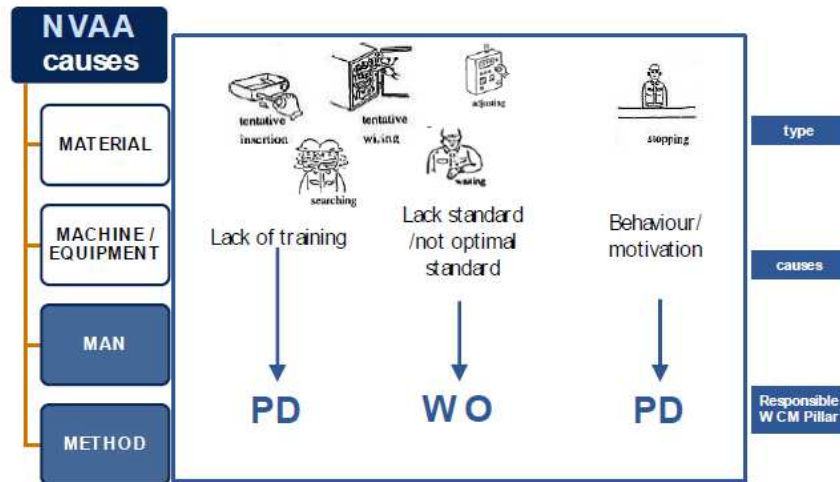


Figura 4.7 - Esempi di cause di tipo "Man" e "Method"

Nei prossimi capitoli verranno analizzati più nello specifico i primi 5 step del pilastro WO.

4.3 WO Step 0 – Attività preliminari

Lo step 0 di ciascun pilastro è di preparazione all'implementazione delle attività di WCM che dovranno essere applicate.

Durante questa fase preliminare vengono svolte le attività di programmazione su due diversi livelli:

- PILLAR LEVEL²⁵: definizione di un portfolio composto da molteplici progetti che sono gestiti e coordinati come un'unica unità con l'obiettivo di raggiungere i

²⁵ Pillar Level – Livello di pilastro

risultati posti dall'azienda. Su questo livello si mettono le basi per l'implementazione del WO nel plant.

- PROJECTS LEVEL²⁶: viene formato un gruppo di lavoro temporaneo per ottenere specifici output nelle linee produttive, rispettando tempi, costi e qualità predefiniti.

4.3.1 Pillar Level

Il Pillar Level è il livello dal quale parte l'implementazione del WO nello stabilimento. Come primo passo il *Plant Manager* nomina la figura di Pillar Leader WO, cioè colui che dirige ed è responsabile del pilastro; solitamente il Pillar Leader del WO è il Production Manager dell'area *labour intensive* dello stabilimento.

Successivamente viene definito il Pillar Team, ovvero il gruppo di persone che affianca il Pillar Leader nella realizzazione dei progetti del Workplace Organization in ambito WCM. Il Pillar Leader deve garantire la coerenza sia della *route map* del pilastro che delle metodologie applicate in ogni progetto. È preferibile che il team sia multidisciplinare e multifunzionale in modo che possano essere considerati alcuni aspetti appartenenti ad altri ambiti.

Le competenze standard del WO sono 30, sono mostrate graficamente nella Pillar Radar Chart²⁷ e si dividono in tre macro-categorie:

²⁶ Projects Level – Livello di progetto

²⁷ Pillar Radar Chart – grafico a ragnatela in cui viene inserito il livello che un determinato membro di un pilastro ha raggiunto in una particolare competenza. Di solito all'interno si utilizzano 3 diversi colori: giallo per il livello di partenza, verde per il livello attuale, rosso per il livello target.

- *Reactive*: attività e utilizzo di strumenti volti a reagire all'accadimento di un evento indesiderato.
- *Preventive*: attività e utilizzo di strumenti volti ad evitare che l'evento indesiderato accaduto in passato si ripeta.
- *Proactive*: attività e utilizzo di strumenti volti a creare uno standard contro eventi indesiderati di alta gravità.

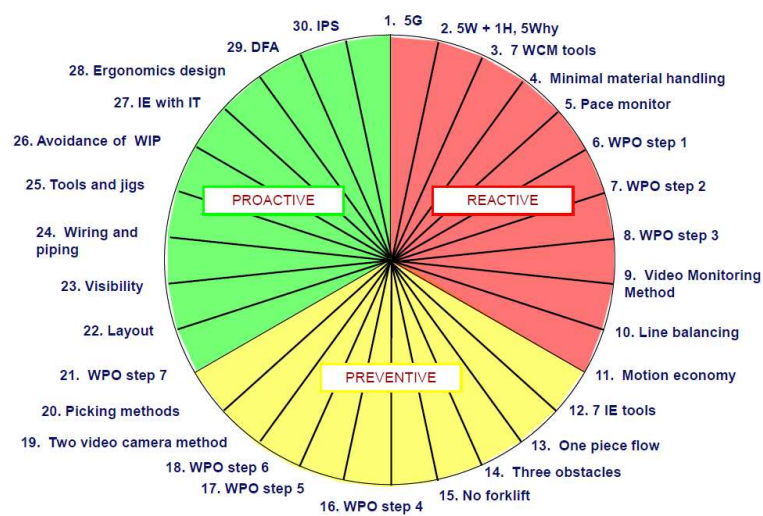


Figura 4.8 - Pillar Radar Chart

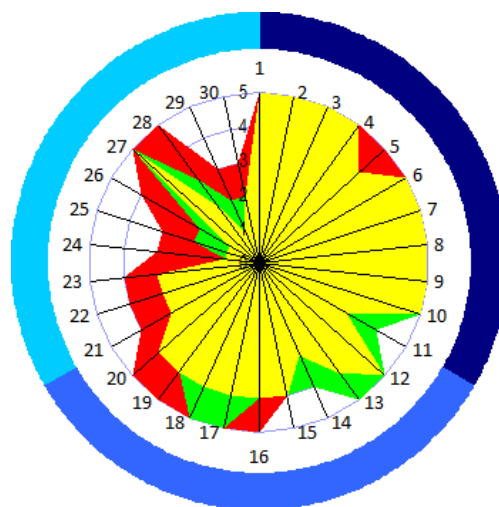


Figura 4.9 - Esempio di una Radar Chart

Una volta definito il WO team si prosegue con la classificazione delle aree fisiche su cui il pilastro deve lavorare e si creano le priorità di intervento in base alle perdite economiche che derivano da ogni area. La classificazione delle aree permette anche di stimare le risorse necessarie e apportare miglioramenti per raggiungere gli obiettivi generali prefissati dall'azienda.

Nella classificazione delle aree si parte dall'analisi delle perdite che viene fatta dal Cost Deployment; vengono individuate e isolate le perdite relative ad attività che sono riconducibili al WO, ovvero NVAA, errori umani, sbilanciamento delle linee. Queste perdite vengono poi assegnate alle varie aree fisiche del plant in cui nascono e vengono stratificate in base alla priorità nel diagramma di Pareto. La prima area del diagramma è la Model Area (MA), su cui è necessario concentrarsi maggiormente; seguono poi le aree AA, A, B, C, come descritto nel capitolo precedente.

Infine, il WO Pillar Leader ha il compito di realizzare dei *kaizen* per apportare miglioramenti e di allocare le risorse a disposizione in maniera strategica.

4.3.2 *Projects Level*

Il Livello di Progetto è il livello subito inferiore a quello del Pillar ed è quello al cui interno si sviluppano e si portano a termine progetti per l'implementazione del WO nello stabilimento.

Dapprima si definisce il project leader, che è un membro del WO pillar team ed ha il compito di formare un team che segue il progetto. Il team deve essere multifunzionale e deve coinvolgere persone di altri pillar teams, in modo che ci sia una sinergia e una

sovrapposizione tra questi. Nel caso del WO all'interno del team di solito sono presenti membri dei seguenti pilastri: Cost Deployment, Logistics and Customer Service, Quality Control, Safety e specialisti in Work Analysis. Il numero di membri del team è generalmente pari a 7. Inoltre, il team deve coinvolgere anche operatori che lavorano nell'area interessata al progetto perché è proprio dalla linea che vengono i suggerimenti per i miglioramenti da realizzare.

Successivamente si compila il Project Plan, un documento nel quale ci sono tutte le informazioni relative al progetto: project name, project team, project team leader, WO step, descrizione dettagliata delle attività, responsabile di ciascuna attività, benefici e costi attesi, pianificazione nel tempo delle attività, indicazione dello stato attuale per capire se il progetto è on time o in ritardo.

Nello step 0 del WO, come di tutti gli altri pilastri, si aggiorna giornalmente il *Management Board*, ovvero una lavagna che ciascun pilastro ha - posta direttamente in apposite aree in officina - e nella quale vengono inserite le attività, i progetti e le analisi relative al pilastro.

4.4 WO Step 1 – Pulizia iniziale

Lo step 1 del WO è di tipo *reattivo* ed è relativo alla pulizia iniziale dello shop floor²⁸ in modo da avere delle condizioni base da cui partire per la realizzazione di progetti WCM più focalizzati. L'organizzazione e la pulizia sono due aspetti fondamentali per un'azienda che mira ad eliminare ogni tipo di spreco.

²⁸ Shop floor – officina, luogo dove avvengono lavorazioni e assemblaggi

È necessaria un'accurata ispezione dell'officina, includendo tutte le postazioni di lavoro, le attrezzature, i materiali, gli strumenti, per individuare e poi rimuovere lo sporco, il disordine e i materiali inutilizzati che potrebbero generare condizioni non sicure e difetti qualitativi.

Il risultato finale dello step 1 è avere un'officina pulita, ordinata e priva di pericoli, in cui gli operatori possono muoversi facilmente e in maniera sicura.

4.4.1 Le 5S

Per eseguire le attività di pulizia e riordino dell'officina si segue la *Metodologia 5S*. La *Metodologia 5S* nasce dalla tradizione giapponese e punta ad eliminare tutto ciò che non è strettamente funzionale all'attività svolta. È un metodo usato per organizzare e ottenere risultati in termini di pulizia, organizzazione e standardizzazione delle postazioni di lavoro, prerequisito necessario per implementare il principio di zero difetti e zero incidenti.

Le 5S si riferiscono alle iniziali di cinque parole giapponesi che rappresentano le fasi dell'applicazione della metodologia:

- *Seiri* – Sort: attività di classificazione attrezzature, materiali, ecc. In questa prima fase vengono identificati i materiali e gli strumenti usati nella postazione di lavoro e separati da quelli non necessari. A questi ultimi viene applicato un particolare *tag* per renderli riconoscibili, poi vengono analizzati tutti gli oggetti presenti nella postazione, e vengono anche definite una quantità massima e una minima di oggetti che possono essere presenti nella postazione di lavoro. I materiali che non vengono assegnati ad una determinata zona vengono inseriti

in un'area di quarantena e se dopo una settimana non vengono presi per essere utilizzati possono essere considerati come non necessari e vengono rimossi.

- *Seiton* – Set in Order: attività di riordino. In questa fase vengono sistemati in maniera efficiente la postazione di lavoro - quindi gli spazi per le attrezzature e per gli strumenti - e vengono registrate nelle cartelle di lavoro le posizioni di strumenti e attrezzature. Queste attività vengono realizzate in sinergia con il pilastro della Logistica (LCS) che applica contemporaneamente la *Metodologia 5T*:
 - *Tei-ji* – Fissare il percorso: per creare un flusso dei prodotti, delle informazioni, delle attrezzature e delle persone.
 - *Tei-ichi* – Fissare lo spazio: per determinare lo spazio in cui collocare gli oggetti facilmente e velocemente.
 - *Tei-hyouji* – Standardizzare la visualizzazione: per permettere a chiunque di capire facilmente spazi, articoli, cosa e come fare.
 - *Tei-ryou* – Fissare la qualità: per controllare la qualità degli articoli e il magazzino.
 - *Tei-shoku* – Standardizzare i colori: per prevenire gli errori usando specifici colori.
- *Seiso* – Shine: attività di pulizia. In questa fase viene fatta un'accurata pulizia, attraverso la quale anche un occhio non esperto riesce a rilevare alcuni difetti che altrimenti potrebbero non essere notati; proprio per questo motivo si parla di "*inspection by cleaning*" (ispezione tramite pulizia). Si procede poi con l'identificazione e il *tag* delle sorgenti di sporco e successivamente si disegna la

mappa delle sorgenti di contaminazione che verrà poi ripresa nelle attività di step 2 per eliminare le fonti di contaminazione individuate.

- *Seiketsu* – Standardize: attività di standardizzazione delle procedure di organizzazione e pulizia. In questa fase si definiscono tutte le attività e le metodologie necessarie per mantenere ordine e pulizia; si fissano cicli di pulizia e di ispezione, si implementa il *Visual Management*²⁹ per facilitare le attività di pulizia e ispezione e una *self-evaluation check-list* che gli operatori devono compilare. Infine, si definiscono specifici contenitori per il riciclo dei rifiuti.
- *Shitsuke* – Sustain: attività di mantenimento nel tempo della condizione di ordine e pulizia raggiunta. In questa fase vengono compilate delle *check-lists* e *audit charts* per rivelare eventuali anomalie e per garantire il mantenimento della pulizia.

I benefici dell'applicazione della *Metodologia 5S* sono diversi: minimizzazione delle scorte, risparmio di risorse, ambiente pulito e piacevole, minimizzazione del tempo impiegato nella ricerca di materiali e attrezzature.

4.4.2 I KPI e KAI dello step 1

Il Key Performance Indicator (KPI) utilizzato per lo step 1 è il rapporto benefici/costi (B/C). In generale tale rapporto permette di determinare se le azioni implementate o che devono esserlo, generano più benefici dei costi sostenuti. Il beneficio B è la variazione del costo ricorrente, annualizzato; il costo C è l'extra costo che viene

²⁹ Visual management – tecniche di gestione visive, atte a semplificare la comprensione delle attività

sostenuto per la realizzazione del progetto. Il B/C è calcolato alla fine delle attività di ogni step e nello step 1 è definito come:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{cleaning time} + \text{inspection time} + \text{lubricating time} + \text{NVA reduction}}{\text{training cost} + \text{cost for tags solving} + \text{extra cost}}$$

È importante sottolineare che *NVA reduction* è un risparmio virtuale, mentre gli altri sono benefici tangibili. L'unità di misura del B/C nello step 1 è tempo/costo. Se il KPI è maggiore di 1 allora il *kaizen* del progetto è buono e può essere implementato.

I Key Activity Indicators (KAI) utilizzati per lo step 1 sono diversi:

- Tags Tracking [solved/issued]: indica il numero di tag problematici dal punto di vista della pulizia, rilevati e risolti.
- Source of Dirty Tags Identified [number]: indica la quantità di sorgenti di sporco individuate.
- Removed Materials [number of items] [cost \$] [kg]: indica la quantità di materiale rimosso perché fonte di sporco e non necessario.
- Training on WO [number of workers]: indica il numero di operatori che sono stati formati per applicare la metodologia 5S.
- Audit Results [score]: indica il risultato ottenuto dal pilastro nello step 1.
- Cleaning Time Trend/Initial Situation [min/week]: indica il tempo impiegato nella pulizia in un determinato orizzonte temporale.

4.5 WO Step 2 – Riorganizzazione dei processi

Lo step 2 del WO è di tipo *reattivo* ed è relativo alla riorganizzazione dei processi, in modo tale che le aree di lavoro abbiano elevate caratteristiche di ergonomia e ordine.

Le attività che vengono svolte in questo step sono diverse:

- prendere contromisure contro le sorgenti di sporco;
- prendere contromisure contro materiali pesanti da movimentare;
- eliminare operazioni complesse e/o irregolari;
- mostrare etichette leggibili per individuare le parti nelle scaffalature;
- modificare le posizioni delle parti nelle scaffalature per facilitare l'utilizzo;
- praticare la logica FIFO³⁰ per le parti posizionate nelle scaffalature;
- revisionare i metodi di installazione delle parti nei container;
- stabilire attività di verifica autonoma della qualità per le parti più complesse negli ultimi tratti della produzione;
- revisionare i miglioramenti e confermarne i risultati.

Il primo passo da seguire nello step 2 è il proseguimento delle attività iniziate nello step precedente, ossia l'eliminazione o il contenimento delle fonti di contaminazioni identificate nella mappa delle sorgenti, tramite dei *kaizen* specifici. Il secondo passo è relativo al miglioramento delle postazioni di lavoro in termini di ergonomia con l'utilizzo della *Metodologia 3M* per l'individuazione e l'eliminazione di problemi ergonomici.

³⁰ FIFO (First In First Out) – è una logica di approvvigionamento nella quale il materiale rifornito per primo deve essere il primo ad essere utilizzato; essa permette ai materiali di non stazionare a lungo inutilizzati rischiando di diventare obsoleti o di danneggiarsi

La *Metodologia 3M* viene utilizzata nello step 2 per comprendere, analizzare e risolvere tutte le problematiche relative all'ergonomia dell'operatore nelle postazioni di lavoro che non gli permettono di svolgere al meglio le operazioni.

Le 3M si riferiscono a tre termini giapponesi che indicano le attività di tale metodologia: MURI, MURA, MUDA. Verranno descritte nel dettaglio queste tre tipologie di analisi nelle pagine seguenti.

4.5.1 3M – MURI

L'analisi MURI viene eseguita per individuare le operazioni che comportano posture, movimenti, posizioni ergonomicamente difficili e/o innaturali per gli operatori, con l'obiettivo di trovare dei movimenti standard che permettono all'operatore di minimizzare la fatica percepita, di incrementare la produttività e di ridurre anche la possibilità di errore umano.

L'analisi MURI deve essere svolta su ogni postazione di lavoro, analizzando ciascuna operazione per qualsiasi fase e per tutti i movimenti, e deve essere eseguita ogni volta che ci sia un cambio di layout nel plant o l'utilizzo di un nuovo macchinario o strumento.

I movimenti che vengono analizzati nell'analisi MURI e per i quali viene compilato un apposito modulo sono i seguenti 9:

- Angolo di flessione della vita
- Angolo di rotazione della vita
- Altezza del working arm
- Angolo di flessione e di stretching del ginocchio

- Angolo di rotazione del polso
- Modalità con cui parti e materiali vengono presi
- Working range
- Passi
- Trasporto (kg trasportati)

Flexion angle of the waist			Rotation angle of the waist			Height of the working arm		
Level 1	Level 2	Level 3	Level 1	Level 2	Level 3	Level 1	Level 2	Level 3
more than 30°	15°-30°	0°-15°	more than 45°	15°-45°	0°-15°	Higher than shoulder	At the height of the shoulder	At the height of the waist
Flexion and stretching angle of the knee			Rotation angle of the wrist			Pick up parts and materials		
Level 1	Level 2	Level 3	Level 1	Level 2	Level 3	Level 1	Level 2	Level 3
more than 60°	30°-60°	0°-30°	more than 180°	90°-180°	0°-90°	Difficult to handle if it is necessary to pay attention	It is possible to pick up the material without changing over place	It is easy to pick up without changing over place
Working range			Walk			Transport		
Level 1	Level 2	Level 3	Level 1	Level 2	Level 3	Level 1	Level 2	Level 3
more than 90°	45°-90°	0°-45°	more than 10 steps	5-9 steps	0-4 steps	more than 5 Kg	3-less than 5 Kg	0-less than 3Kg

Figura 4.10 - Analisi MURI

È necessario seguire alcuni passi per portare a termine l'analisi:

1. Training sui concetti base dell'ergonomia
2. Osservazione dei movimenti degli operatori durante il lavoro tramite video o direttamente in postazione

- Analisi dei movimenti osservati attribuendo un punteggio da 1 (movimento corretto) a 3 (movimento molto scorretto) compilando il seguente format standard

N°	DESCRIPTION	MURI																														MURI SCORE	LOW <= 9 <= 10 MEDIUM > 10 <= 12 HIGH > 12 Ap = 0			
		1			2			3			4			5			6			7			8			9			10							
		Score 3	Score 2	Score 1	Score 3	Score 2	Score 1	Score 3	Score 2	Score 1	Score 3	Score 2	Score 1	Score 3	Score 2	Score 1	Score 3	Score 2	Score 1	Score 3	Score 2	Score 1	Score 3	Score 2	Score 1	Score 3	Score 2	Score 1	Score 3	Score 2	Score 1					
1	Prelievo da carrello JIS piastra protezione	3																																		21
2	Posizionamento piastra su LCA	3																																		16
3	Portarsi con LCA in zona di montaggio piastra		2																																	11
4	Disporsi a seggiolino			1																																9
5	Prelevare da seggiolino 5 dadi e avvitatore per Deposito LCA in zona di riposo			1																																10
6	Deposito seggiolino a bordo linea			2																																11
7	Sistemazione carrello JIS in zone scarico vuoti			1																																10
8	Ridisporre a banco			2																																11
9	Letture cartellino 0.2%			1																																9
10	Letture cartellino 0.2%			1																																9
TOTAL ACTIVITY (WORKER)		2	3	5	2	6	1	9	10	1	1	6	2	8	2	6	2	4	6	2	6	4	6	2	6	4	6	2	6	4	6	2	6	90		

Figura 4.11 - Esempio di un'analisi MURI

- Sviluppo di *kaizen* per le operazioni che hanno ottenuto un punteggio complessivo maggiore di 12
- Verifica della soluzione implementata attraverso il *kaizen* con una nuova analisi MURI
- Descrizione dei risultati ottenuti attraverso il confronto dell'analisi MURI Before (prima del *kaizen*) e After (dopo del *kaizen*).

4.5.2 3M – MURA

L'analisi MURA viene eseguita per individuare movimenti e operazioni irregolari che comportano una variabilità del tempo necessario per effettuare le operazioni, con lo scopo di renderle più standard possibile.

Per realizzare quest'analisi, che è di tipo statistico, è necessario acquisire almeno 20-30 osservazioni e campionamenti di dati per poter valutare la variabilità dell'operazione.

I passi da seguire per realizzare un'analisi MURA sono i seguenti:

1. Training sui concetti base della statistica
2. Scelta della postazione di lavoro e delle operazioni da analizzare. La scelta viene fatta parlando con gli operatori e capendo quali sono le operazioni non semplici da ripetere e riprodurre, che sono per esempio quelle in cui i risultati dipendono dalla condizione fisica dell'operatore
3. Osservazione delle operazioni scelte e analisi. Si compila un modulo in cui si inseriscono i valori dei tempi acquisiti nelle varie osservazioni; si ottiene così la distribuzione gaussiana che permette di valutare la variabilità dell'operazione attraverso il valore della deviazione standard

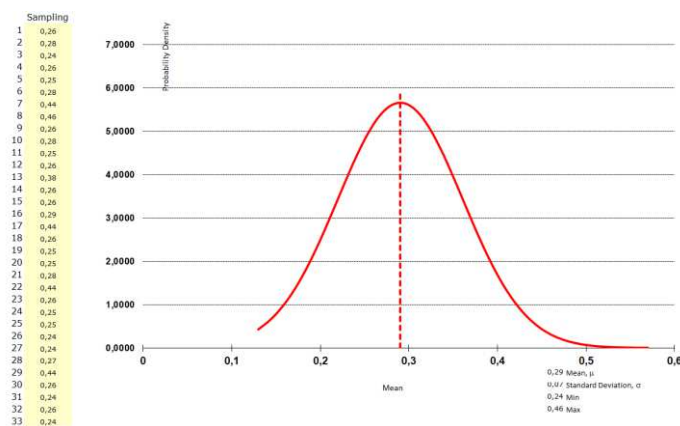


Figura 4.12 - Analisi MURA

4. Sviluppo di *kaizen* per attaccare le operazioni con variabilità
5. Verifica della soluzione implementata attraverso il *kaizen* con una nuova analisi MURA

6. Descrizione dei risultati ottenuti attraverso il confronto dell'analisi MURI Before (prima del *kaizen*) e After (dopo del *kaizen*).

4.5.3 3M – MUDA

L'analisi MUDA viene eseguita per identificare tutte quelle attività svolte dall'operatore che non aggiungono valore al prodotto e che devono quindi essere eliminate o comunque ridotte.

Le attività svolte dagli operatori, come spiegato nei capitoli precedenti, possono essere divise in tre categorie: attività a valore aggiunto (VAA), attività a semi valore aggiunto (SVAA) e attività a non valore aggiunto (NVAA). Quest'ultime sono a loro volta scomposte in alcune sottocategorie: imballare/disimballare, camminare, cercare, movimenti del corpo, attendere, utilizzo del paranco, movimentare, attività legate alla qualità non necessaria.

I passi da seguire per realizzare un'analisi MUDA ed eliminare le attività a non valore aggiunto sono:

1. Training sui concetti base del MUDA:
 - classificazione del tempo ciclo sulla base delle tre categorie di attività;
 - *minimum material handling*;
 - monitoraggio video;
 - *Spaghetti chart*: è uno strumento utilizzato per visualizzare i percorsi eseguiti dagli operatori durante il lavoro, che permette anche di quantificare il numero di passi fatti. Consiste nel disegnare sul layout della postazione di

lavoro i percorsi dell'operatore e associare ad ogni freccia un numero di passi; l'obiettivo è ridurre e minimizzare il numero di passi che comporta alla lunga fatica e diminuisce la produttività;

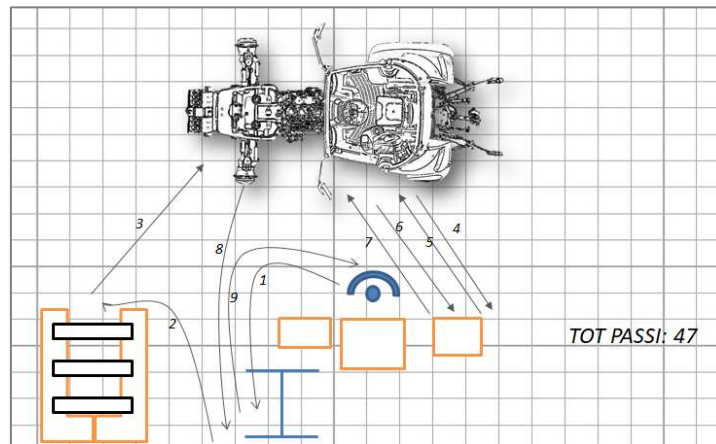


Figura 4.13 - Esempio di Spaghetti Chart

- *Yamazumi chart*: è uno strumento utilizzato per graficare in colonne la quota parte di tempo appartenente a ciascuna delle tre categorie di attività in ogni postazione di lavoro, al fine di effettuare eventuali bilanciamenti nella linea.
2. Osservazione delle attività e dei movimenti attraverso video o direttamente in linea
 3. Analisi MUDA delle attività con la compilazione di un modulo contenente il numero di passi fatti, la tipologia di attività e il tempo per realizzarla, con la divisione nelle tre categorie (VAA, SVAA, NVAA). Per le attività a non valore aggiunto è necessario specificare la tipologia di non valore aggiunto
 4. Sviluppo di *kaizen* per attaccare le NVAA
 5. Verifica della soluzione implementata attraverso il *kaizen* con una nuova analisi MUDA

6. Descrizione dei risultati ottenuti attraverso il confronto dell'analisi MURI Before (prima del *kaizen*) e After (dopo del *kaizen*).

4.5.4 I KPI e KAI dello step 2

Il KPI dello step 2, con cui si misurano le performance delle analisi 3M (MURI, MURA, MUDA), è il rapporto benefici su costi, il B/C ed è calcolato come segue:

$$B = \sum_{i=1}^n (x_i * 12)$$

$$C = l + m + n + q + r + s$$

dove:

i = improvement

12 = anno

l = ore di lavoro usate per il training moltiplicate per il costo del lavoro all'ora

m = ore per il training (se interno) moltiplicato per il costo del lavoro all'ora

n = costo del training aziendale (se esterno)

q = costo per ogni miglioramento

r = costo del materiale per il training

s = tutti gli extra costi durante gli step

Per lo step 2 è necessario calcolare il rapporto B/C relativo ad ogni analisi dello step, quindi alle analisi 3M e al contenimento delle fonti di contaminazione; al termine di tutte

le analisi realizzate si può valutare l'intera performance tramite KPI e KAI.

Il KPI dello step 2 è il seguente:

$$\frac{B_{step2}}{C_{step2}} = \frac{B_{cont} + B_{muri} + B_{mura} + B_{muda}}{C_{cont} + C_{muri} + C_{mura} + C_{muda}}$$

I KAI dello step 2 sono:

- Source of Dirty Tags Solved [number]: indica la quantità di sorgenti di sporco eliminate.
- 3M [number]: indica la quantità di criticità individuate e risolte con la metodologia 3M.
- Cleaning Time Trend/Reduction [min/week]: indica la riduzione del tempo impiegato per le attività di pulizia.
- Tags Tracking [issued/solved]: indica i tags problematici dal punto di vista della pulizia, rilevati e risolti.
- Golden Zone [number]: indica il numero delle attività svolte dall'operatore in un'area ergonomicamente consona. Si approfondiranno nello step 5 i dettagli relativi a questi concetti.
- NVAA Reduction [%]: indica la diminuzione percentuale di attività a non valore aggiunto.
- Audit Results [score]: indica il risultato ottenuto dal pilastro nello step 2, tramite uno score attribuito dall'*auditor*.

4.6 WO Step 3: Standardizzazione iniziale

Lo step 3 del WO è di tipo *preventivo* ed è relativo alla definizione di una serie di standard con lo scopo di mantenere i processi nelle condizioni raggiunte nei due step precedenti.

Le attività svolte in questo step sono molteplici:

- definire uno standard iniziale per la pulizia e per le ispezioni;
- eseguire il visual control;
- migliorare l'efficienza della linea;
- stabilire operazioni standard;
- far sì che gli operatori seguano le regole che loro stessi hanno indicato e suggerito;
- installare qualche misura di tipo preventivo nel caso di parti male assemblate o non assemblate in modo da non fermare la produzione.

Nello step 3 è innanzitutto necessario standardizzare non solo le operazioni di trasformazione e di assemblaggio del prodotto, ma anche tutte quelle attività ausiliarie per gestire correttamente le postazioni di lavoro, i materiali, gli strumenti, ecc.

Tale step inizia con il bilanciamento della linea per trarre profitto dai miglioramenti ottenuti con la metodologia 3M. Uno strumento molto utilizzato in quest'ambito è la *Yamazumi chart* definita insieme agli operatori in modo tale che i cambiamenti che verranno apportati possano essere compresi da tutti e che siano gli operatori stessi a suggerire nuove regole.

La *Yamazumi chart* è uno strumento utilizzato per graficare in colonne la quota parte di tempo appartenente a NVAA, SVAA, VAA in ogni postazione di lavoro, al fine di

effettuare eventuali bilanciamenti nella linea. In rosso vengono rappresentati i tempi delle attività a non valore aggiunto (NVAA), in giallo quelli delle attività a semi valore aggiunto (SVAA) e in verde quelle delle attività a valore aggiunto (VAA); inoltre, in nero viene rappresentata la dissaturazione della postazione, ovvero il tempo in cui l'operatore non compie attività. Essi sono in relazione con il takt time³¹, ossia il tempo che intercorre nella produzione di due unità successive e pari al rapporto tra il tempo di produzione disponibile netto e la domanda del cliente. Se la somma dei tempi NVAA, SVAA, VAA è inferiore al valore del takt time si può realizzare un ribilanciamento della linea.

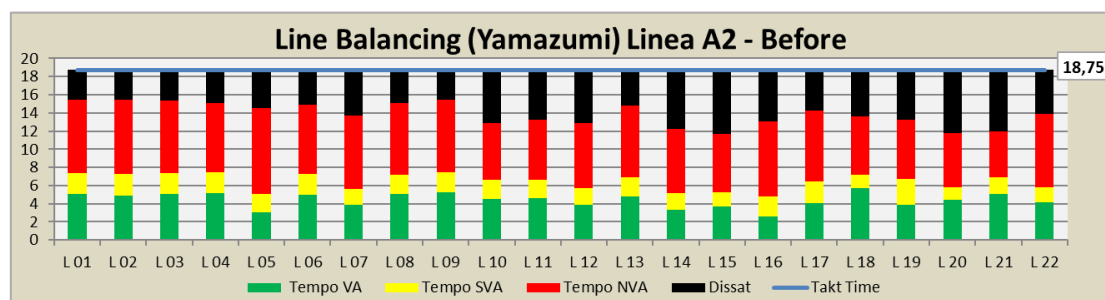


Figura 4.14 - Esempio di una Yamazumi Chart

Dopo che la linea è stata bilanciata, si possono implementare degli standard iniziali attraverso una serie di Visual Standards:

- *Cleaning standard*: consiste nel creare degli standard per la pulizia definiti insieme agli operatori.

³¹ Takt Time – Ritmo della produzione

- **SOP – Standard Operation Procedure:** è uno strumento visivo da collocare lungo la linea che permette di descrivere la modalità standard di esecuzione di una determinata operazione e ne fornisce una chiara rappresentazione grafica.

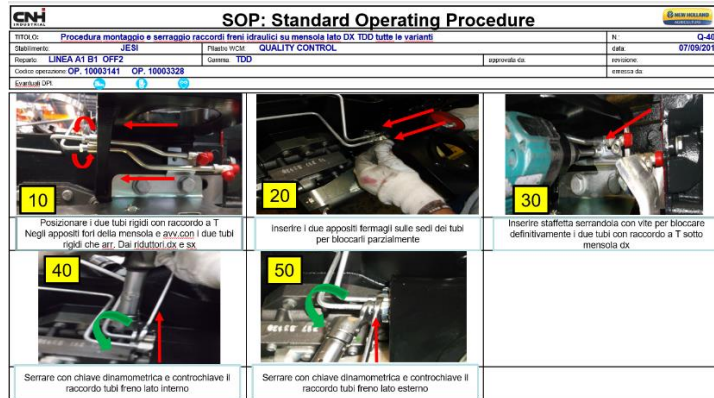


Figura 4.15 - Esempio di una SOP

- **OPL – One Point Lesson:** è uno strumento visual di formazione riportanti due situazioni riguardanti un'operazione di processo. Le due situazioni sono da intendersi, una come KO - come non bisogna procedere - e una come OK - ovvero come bisogna operare.

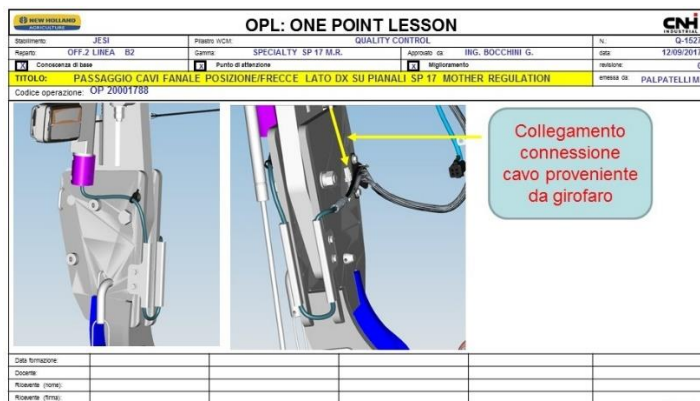


Figura 4.16 - Esempio di una OPL

- *Visual Aid*: sono una serie di segnali che facilitano il lavoro dell'operatore in postazione e le comunicazioni all'interno dell'officina.

4.7 WO Step 4: Educazione alle caratteristiche del prodotto

Lo step 4 del WO è di tipo *preventivo* ed è relativo all'educazione del personale sulle caratteristiche tecniche e sulle funzioni del prodotto in modo da assicurare un processo stabile che produca un output perfetto in termini di qualità, con zero difetti. Le attività svolte nello step 4 sono molteplici:

- identificare i problemi di qualità più gravi nei vari processi e apprendere le caratteristiche dei prodotti risolvendo questi problemi;
- migliorare la disponibilità degli strumenti e delle attrezzature nelle postazioni di lavoro;
- rendere gli strumenti facili da utilizzare, sicuri ed ergonomici per garantire stabilità al processo e un'esecuzione delle lavorazioni in maniera accurata.

In questo step il WO lavora in completa sinergia con il pilastro Quality Control (QC) perché statisticamente la principale causa di difetto di un prodotto, in un'ambiente *labour intensive*, è relativa al lavoro dell'uomo. Ciò che il WO vuole fare è trovare delle contromisure per minimizzare tale problematica iniziando con un training preliminare degli operatori stessi.

Come primo passo è necessario fare una classificazione degli operatori in modo tale che si possano identificare quelli che possono aiutare il pilastro ad implementare gli step

successivi e quelli che sono qualificati a svolgere operazioni che sono il fulcro dell'assemblaggio e in grado di supervisionare gli altri operatori.

Dopo aver effettuato quest'analisi, si procede con un training degli operatori su prodotti, strumenti, attrezzature e processi per migliorare e accrescere le competenze nello stabilimento e ridurre quindi la possibilità di errore umano.

Superata questa fase preliminare si analizzano i problemi di qualità legati all'azione dell'uomo che possono essere identificati attraverso la QA Matrix (*Quality Assurance Matrix*). Essa è una matrice in cui è contenuta la lista di tutte le difettosità presenti nel prodotto, ordinate per priorità, suddivise per processi e a cui vengono attribuite le cause dalle quali hanno origine. Le possibili cause sono categorizzate nelle *4M*: man, machine, method, material. Realizzando delle analisi in sinergia con il pilastro Cost Deployment per individuare qual è la causa che genera maggiori perdite, si è notato come statisticamente la voce *man* sia la più rilevante.

Per determinare la causa radice che ha portato all'errore umano provocando un difetto di qualità si segue il diagramma di flusso rappresentato in basso.

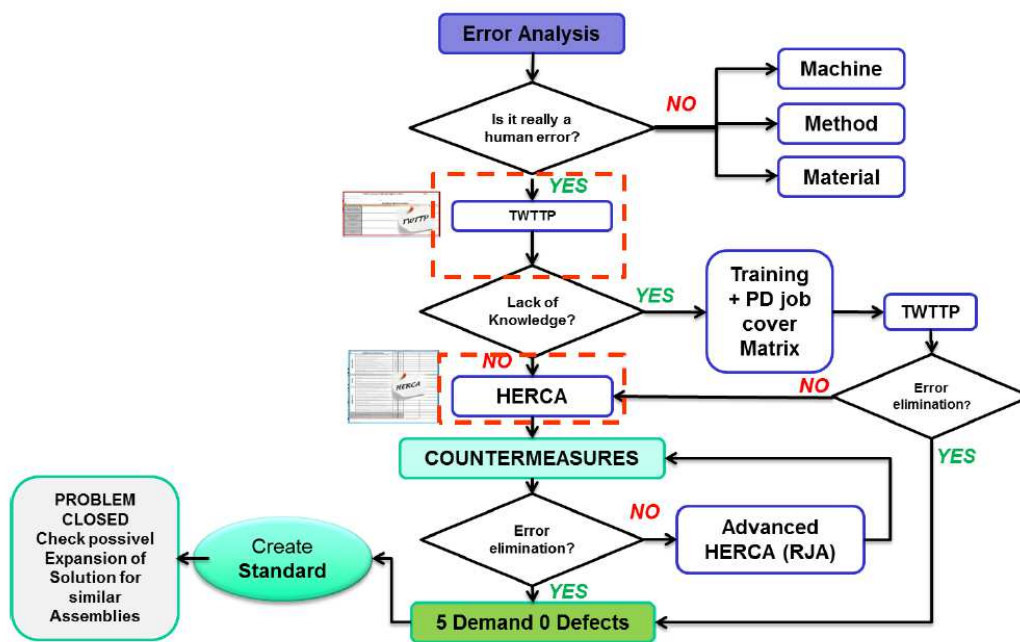


Figura 4.17 - Diagramma di flusso per l'eliminazione dell'errore umano

I passi da seguire sono:

1. Analisi dell'errore: se è causato dall'uomo si va avanti, altrimenti si cambia metodologia.
2. Implementazione dello strumento TWTP (*The Way To Teach People*): è un'intervista all'operatore per capire quale sia il suo livello di conoscenza del prodotto, del processo e delle attrezzature che utilizza.
3. Si valuta se c'è una lacuna di conoscenza; se sì, si procede con il training, si ripete il TWTP e se l'errore non è stato eliminato si va avanti allo step successivo. Se non ci sono lacune si procede direttamente allo step successivo.
4. Implementazione dello strumento HERCA (*Human Error Root Cause Analysis*): è un'intervista all'operatore per comprendere se ci sono problematiche relative al

design del processo/procedure, a questioni tecniche, alle postazioni di lavoro, al comportamento dell'operatore stesso e a sue distrazioni o dimenticanze.

5. Definizione e applicazione di contromisure per eliminare l'errore. Se l'errore viene eliminato si crea uno standard. Se l'errore invece non viene eliminato si procede con l'implementazione dello strumento RJA (*Recognition, Judgment, Action*); esso è considerato come un Advanced HERCA ed è un'analisi che va più in profondità per comprendere gli errori dovuti al processamento delle informazioni nel cervello umano. È generalmente quello strumento che permette di eliminare l'errore e creare uno standard.

Per evitare il verificarsi di errori causati dagli operatori, il WCM prevede anche l'implementazione di due strumenti - Fool Proof ed Error Proof - che permettono di ridurre in modo importante i costi di rilavorazione e riparazione:

- *Fool Proof*: è un dispositivo che non permette di compiere errori perché elimina direttamente la causa radice che genera quell'errore. Questo sistema è detto anche *Poka Yoke*.
- *Error Proof*: è un dispositivo che permette di individuare se viene commesso un errore. Questo device può evitare che si produca un difetto anche se è stato fatto un errore a monte, oppure può prevenire il diffondersi del difetto nei processi successivi.

Oltre a queste contromisure, il WO realizza anche soluzioni più deboli come efficaci ma che possono essere comunque sufficienti per far sì che l'operatore non sbagli; sono le

SOP (*Standard Operation Procedure*) e le OPL (*One Point Lesson*) di cui si è già parlato nel precedente capitolo.

È importante sottolineare che l'aspetto chiave per la riduzione dell'errore umano è sicuramente il coinvolgimento degli operatori, organizzando training periodici che permettono di aggiornare i propri lavoratori che acquisiscono le conoscenze e le competenze necessarie per lavorare meglio.

4.7.1 I KPI dello step 4

I KPI dello step 4 sono il rapporto B/C e il FTQ³² (First Time Quality).

$$B = \sum_{i=1}^n (x_i * 12)$$

$$C = l + m + n + r + s$$

dove:

i = improvement

12 = anno

l = ore di lavoro usate per il training moltiplicate per il costo del lavoro all'ora

m = ore per il training (se interno) moltiplicato per il costo del lavoro all'ora

n = costo del training aziendale (se esterno)

q = costo per ogni miglioramento

³² FTQ – Indicatore che rappresenta quanti prodotti sono commercializzabili subito, senza modifiche e senza errori, rispetto al totale

r = costo del materiale per il training

s = tutti gli extra costi durante gli step (es: poka yoke)

$$FTQ (\%) = \frac{\# \text{prodotti } FTQ}{\# \text{totale}}$$

4.8 WO Step 5 – Fornitura delle parti con JIT

Lo step 5 del WO è di tipo *preventivo* ed ha come obiettivo principale quello di ridurre ed eliminare le perdite dovute all'approvvigionamento di materiale e ai movimenti degli operatori, andando verso il flusso ottimale e sviluppando la fornitura con modalità JIT. Lo scopo è il *minimum material handling*, sia dal punto di vista delle persone che delle cose (aspetto riguardante il pilastro LCS), incrementando come risultato finale la produttività.

I due concetti cardine dello step 5 sono:

- *Motion Economy* (ambito del WO);
- *Minimum Material Handling* (ambito del LCS).

Si analizzano i concetti della *Motion Economy* e verranno trascurati gli aspetti relativi al *Minimum Material Handling* in quanto è argomento della Logistica.

Per ridurre la fatica che l'operatore compie durante le operazioni e aumentare la produttività è utile far riferimento ai principi della *Motion Economy*, ovvero una serie di regole e suggerimenti per migliorare il lavoro degli operatori, ridurre la fatica ed eliminare i movimenti non necessari.

Seguendo i principi della *Motion Economy* è necessario anche realizzare e garantire la

golden e la strike zone. La golden zone è definita come l'area di lavoro da preferire per l'operatore che deve poter avere tutto a portata di mano: più precisamente, gli strumenti e le attrezzature necessarie devono essere compresi nei 60° antistanti l'operatore e non più distante della semi-estensione del braccio (in zona AA). La strike zone invece è l'area da preferire in termini di altezza, quindi l'operatore deve avere tutto il necessario compreso tra il gomito e la spalla (*Strike Point*).

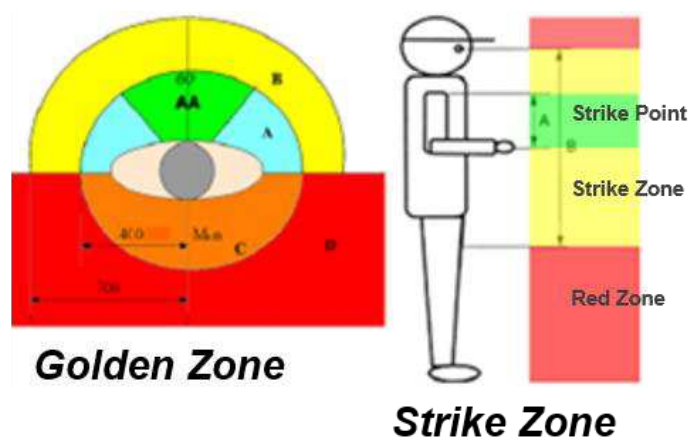


Figura 4.18 - Golden e Strike Zone

Mentre si valutano le posizioni degli strumenti, delle attrezzature e delle parti attraverso l'analisi della golden e della strike zone, è necessario analizzare i metodi di prelievo delle parti in modo tale da rispettare il principio del *Zero Motion Assembly*. Tale approccio consiste da un lato nell'eliminazione di tutti quei movimenti intermedi non necessari, dalla fase di prelievo a quella di posizionamento, fornendo la parte direttamente nella posizione adatta per il montaggio (si parla di *One Motion Picking*); dall'altro nella standardizzazione del prelievo, evitando passi e prelievi complicati, fornendo una soluzione di presentazione della parte capace di garantire un punto di prelievo unico (si parla di *One Picking Point*).

Lo step 5 del WO si pone come obiettivo anche di approvvigionare le parti in JIT, riducendo la quantità di scorte e aumentando l'efficienza. Si parla di *One Piece Flow*, ovvero un componente non viene assemblato fino a quando non viene consumato il precedente. Per quest'aspetto è necessario un lavoro in sinergia con la logistica ed è importante trovare un giusto trade-off con i tempi di trasporto delle parti dal magazzino alla linea.

Un altro obiettivo fondamentale dello step 5 è l'eliminazione dei *three obstacols*: paranchi, catenarie e rulliere. Questi tre metodi di movimentazione delle parti sono definiti ostacoli per molteplici ragioni:

- riducono la flessibilità della linea, perché hanno telai e strutture fisse a terra o a soffitto;
- rappresentano una voce di costo piuttosto rilevante per quanto riguarda la manutenzione ordinaria;
- creano stock a bordo linea;
- sono fonte di attività a non valore aggiunto (NVAA);
- sono fonte di sporco poiché sono spazi molto complicati da raggiungere e da pulire.

Per eliminare l'utilizzo di catenarie e rulliere è necessario applicare il metodo del *One Piece Flow* e pensare all'inserimento degli AGV. A sostituzione del paranco, che viene utilizzato generalmente per il prelievo e il montaggio di pezzi pesanti (*bulky*), si può utilizzare una Low Cost Automation (LCA), automazione a basso costo. Essa è una tecnologia che genera un certo grado di automazione, realizzata con materiali e

componenti standard disponibili sul mercato o direttamente in azienda, con differenti sistemi di movimentazione (idraulico, meccanico, pneumatico ed elettrico). In questo modo l'operatore utilizza la LCA per prelevare, movimentare e posizionare la parte pesante in linea. Tale strumento non è un vincolo come il paranco poiché non ha una posizione fissa ma è libero di muoversi lungo tutta la linea, ed ha un costo di investimento relativamente basso. Ha l'obiettivo di migliorare l'ergonomia dell'operatore durante il lavoro svolto, rendere il processo più standard possibile e ridurre o eliminare le attività a non valore aggiunto (NVAA).

5 Studio e realizzazione di una Low Cost Automation per il miglioramento del processo di montaggio serbatoio

Il progetto, seguito e implementato nel plant di Jesi durante il periodo di tirocinio che ha permesso di redigere il seguente elaborato, è lo studio e la realizzazione di una Low Cost Automation per il miglioramento del processo di montaggio serbatoio nella linea di Assemblaggio Trattori in Officina 2 nel plant di Jesi.

Come già illustrato precedentemente a Jesi vengono prodotti trattori di piccola potenza, dagli 80 ai 140 hp, dei tre brand New Holland, Case IH e Steyr; l'assemblaggio del trattore finito viene effettuato su due linee parallele, denominate A2 e B2. Il progetto in esame è stato realizzato per la linea A2 con l'obiettivo di implementarlo successivamente anche nell'altra linea, la B2.

Il seguente progetto, del pilastro Workplace Organization step 5, segue un approccio focalizzato in un'unica postazione di lavoro in linea A2 e riguarda fundamentalmente l'operazione di montaggio del serbatoio e della piastra accessoria, quando presente, in macchina. Si è pensato di poter eliminare l'utilizzo del paranco per queste operazioni con l'inserimento di una Low Cost Automation in modo da migliorare l'ergonomia dell'operatore che compie meno fatica e meno operazioni scorrette, ridurre la variabilità della durata dell'operazione e le attività a non valore aggiunto.

Tutto il lavoro è stato portato avanti con un team di persone, membri del pilastro WO, tra cui il WO Specialist, analisti e metodisti, e soprattutto con il coinvolgimento degli

operatori di postazione, dei fuori linea, dei team leader e dei capisquadra in modo tale da riuscire a trovare una soluzione adatta e confortevole soprattutto per gli operatori.

Seguendo la metodologia WCM si è scelto di sviluppare il progetto migliorativo sulla base del ciclo di Deming PDCA:

- **Plan:** in questa prima fase si effettuano tutte le analisi preliminari con le tecniche di *problem solving*, si prosegue con le analisi di step 2 e step 5 per poi iniziare a sviluppare la soluzione e la Low Cost Automation;
- **Do:** questa è la fase di effettiva realizzazione del prototipo virtuale e di quello fisico con il quale poi verranno eseguite di nuovo tutte le analisi portate a termine nella fase Plan;
- **Check:** in questa fase si confrontano i risultati delle analisi prima e dopo l'implementazione della LCA (confronto Before e After);
- **Act:** quest'ultima fase non è stata implementata durante il periodo di tirocinio ma l'obiettivo dei prossimi mesi è quello di riuscire a realizzare, sulla base di questa LCA, lo stesso per l'altra linea in modo da standardizzare, in tutto lo stabilimento di Jesi, l'operazione di montaggio del serbatoio.

Le varie fasi e i passi seguiti durante l'implementazione del progetto di miglioramento verranno descritti in maniera più specifica e dettagliata nei prossimi capitoli.

5.1 Plan – Analisi preliminari con tecniche di Problem solving

Come primo passo è necessario fare una serie di analisi preliminari per poter inquadrare il problema, capire il fenomeno, individuare e analizzare la causa radice e trovare infine delle possibili azioni correttive e soluzioni.

Secondo la metodologia del WCM alla base c'è il *problem solving*, definito come un'attività del pensiero che viene messa in atto per raggiungere una condizione desiderata a partire da delle condizioni base. Tutte le analisi descritte precedentemente vengono portate a termine attraverso l'utilizzo di opportuni *tools* di *problem solving*:

- Descrizione del problema – *3G e 5W+1H*;
- Individuazione delle *root causes*³³ – *4M+1D*;
- Analisi delle cause radice – *5 Whys*.

5.1.1 Tecniche di Problem solving 3G

La tecnica di *problem solving 3G* è una metodologia per la descrizione e l'analisi di un fenomeno di perdita (difettosità, guasto, anomalie di funzionamento, non valore aggiunto). Attraverso le 3G si vuole descrivere una situazione in maniera esaustiva e circostanziata, mantenere il collegamento tra teoria e pratica e seguire un flusso logico nell'approccio del fenomeno.

Le 3G fanno riferimento a tre termini giapponesi:

1. *GEMBA* – Andare sul posto in officina
2. *GEMBUTSU* – Esaminare l'oggetto

³³ Root causes – cause radice

3. *GENJITSU* – Controllare fatti e numeri

In alcuni casi si ricorre alle 5G:

4. *GENRI* – Riferirsi alla teoria

5. *GENSOKU* – Seguire gli standard operativi

In questo progetto è stata sufficiente l'applicazione delle 3G iniziando proprio con Gemba, ovvero andare direttamente sul posto, in linea A2, per capire quale è l'attuale condizione della postazione di lavoro considerata e gli standard di lavoro esistenti per prepararsi a fare le prime analisi preliminari.

Una volta che si è lungo la linea, in prossimità della postazione in esame (la postazione 13 della linea A2), si può applica la seconda G, Gembutsu, ovvero esaminare l'oggetto. Innanzitutto, è necessario conoscere quali gamme di trattori sono assemblati lungo la linea A2: Specialty T4, Utility e TD5.



Figura 5.1 - Gamme di trattori assemblati in linea A2

Il passo successivo è quello di capire e analizzare le operazioni di montaggio del serbatoio nelle tre macchine, in quanto, essendo trattori molto diversi e avendo quindi

anche serbatoi differenti, presentano sequenze di montaggio con notevoli differenze. Di seguito si mostrano i tre serbatoi montati nei tre diversi trattori.



Figura 5.2 - Serbatoi assemblati in linea A2

Inoltre, il serbatoio montato in ciascuna tipologia di trattore può avere delle varianti che generalmente comportano anche una variazione del peso del serbatoio.

Si analizzano le tre sequenze di montaggio:

- *Specialty T4*: il serbatoio arriva a bordo linea, sulla tradotta, con la piastra metallica di protezione già premontata. L'operatore deve prelevare il gancio, adatto per prelevare questo tipo di serbatoio, del paranco dalla rastrelliera e agganciare il serbatoio al paranco. A questo punto si sposta di fronte al lato sinistro del trattore, regola il serbatoio in altezza attraverso la pulsantiera del paranco e lo posiziona sulla macchina. L'operatore si siede sulla seggiola attrezzata e realizza i centraggi e gli accoppiamenti necessari; è importante conoscere a quale altezza da terra viene posizionato il serbatoio sulla macchina: in questo caso si trova a 50 cm. Inoltre, è previsto l'aiuto dell'operatore della postazione successiva per il montaggio della scaletta, in seguito al serbatoio; si

parla pertanto di lavoro a doppie mani, che può comportare attese e altre attività a non valore aggiunto.

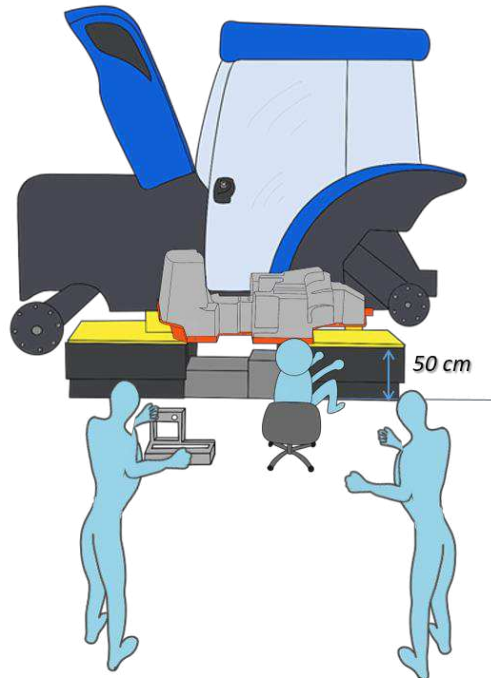


Figura 5.3 - Sketch del montaggio serbatoio in Specialty T4

- *Utility*: il serbatoio arriva a bordo linea, sulla tradotta, senza la piastra, o in alcune varianti c'è anche la piastra ma questa deve essere montata dopo il serbatoio. Analogamente a quanto spiegato precedentemente, l'operatore deve prelevare il gancio per questo tipo di serbatoio dalla rastrelliera e poi agganciare il serbatoio al paranco. Si sposta al lato sinistro del trattore e lo posiziona sulla macchina appoggiandolo sopra due staffe montate nelle postazioni precedenti. L'operatore si siede sulla seggiola attrezzata ed effettua gli accoppiamenti e i centraggi necessari; in questo caso la base inferiore del serbatoio si trova a 60 cm da terra. Nella variante in cui è prevista anche la piastra metallica di protezione, questa deve essere montata dopo il serbatoio ed è stata realizzata

una LCA per il prelievo e il montaggio; quindi l'operatore si alza dalla seggiola e con questo carrello preleva la piastra e la monta in macchina.

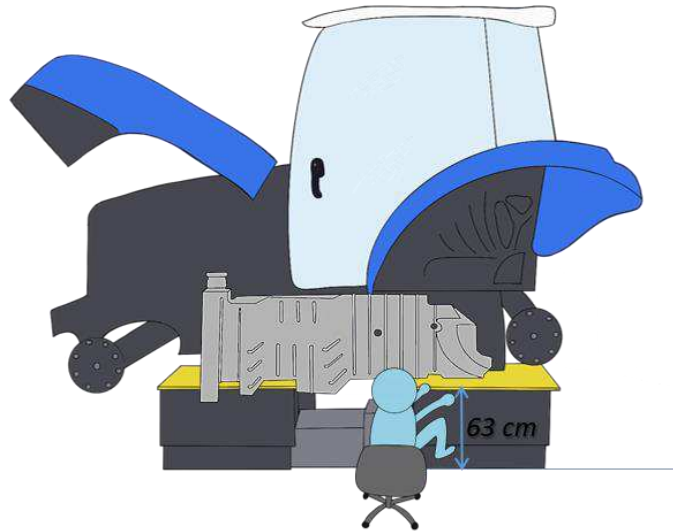


Figura 5.4 - Sketch del montaggio serbatoio in Utility



Figura 5.5 - LCA per il montaggio della piastra

- **TD5:** il serbatoio arriva a bordo linea, sulla tradotta, con la piastra premontata; l'operatore preleva il gancio corrispondente con cui può agganciare il serbatoio al paranco. Si sposta al lato sinistro del trattore e regola in altezza il serbatoio con la pulsantiera del paranco. A questo punto per riuscire a realizzare un

centraggio foro – perno è necessario che il serbatoio subisca una rotazione di circa 20° rispetto al piano orizzontale, per questo motivo il gancio deve avere questo grado di libertà. Una volta centrato il foro, il serbatoio viene riportato in posizione orizzontale e vengono effettuati gli opportuni serraggi.

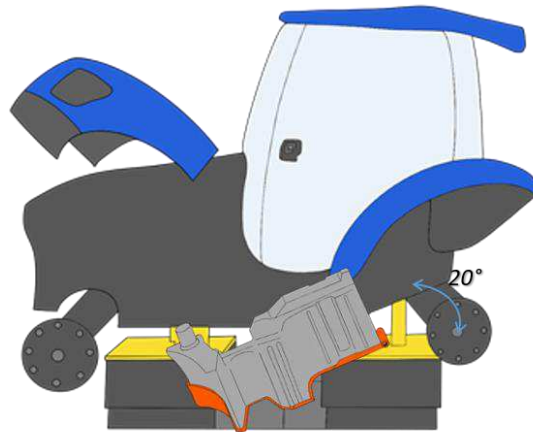


Figura 5.6 - Sketch del montaggio serbatoio in TD5

Conclusa la fase Gembutsu si prosegue con il controllo di fatti e numeri (Genjitsu), per capire se effettivamente l'operazione di montaggio serbatoio rappresenti una delle maggiori perdite della linea in termini di attività a non valore aggiunto. Lavorando in sinergia con il reparto Work Analysis, sono stati raccolti i dati relativi ai tempi, suddividendoli in attività a valore aggiunto, a semi valore aggiunto e a non valore aggiunto. Nella figura che segue è rappresentato sottoforma di istogramma il tempo valorizzato nell'anno di tutta la linea; si può notare come la postazione 13, quella in esame, sia il collo di bottiglia della linea e abbia anche un'elevata percentuale di attività a non valore aggiunto.

Tempo valorizzato anno - Linea A2

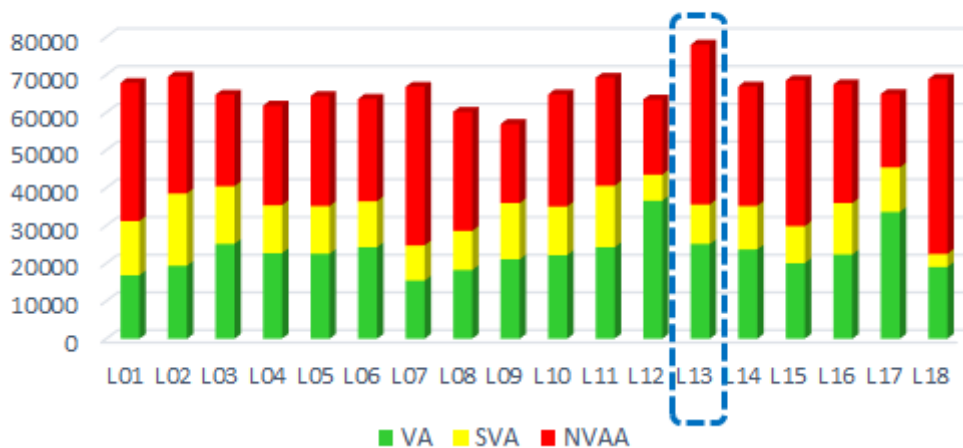


Figura 5.7 - Tempo valorizzato nell'anno Linea A2

Per rendere l'analisi più accurata e dettagliata è opportuno anche esaminare il diagramma di Pareto del non valore aggiunto della postazione 13, in modo da verificare che le operazioni di montaggio serbatoio siano quelle a maggior non valore aggiunto rispetto alle altre effettuate nella medesima postazione.

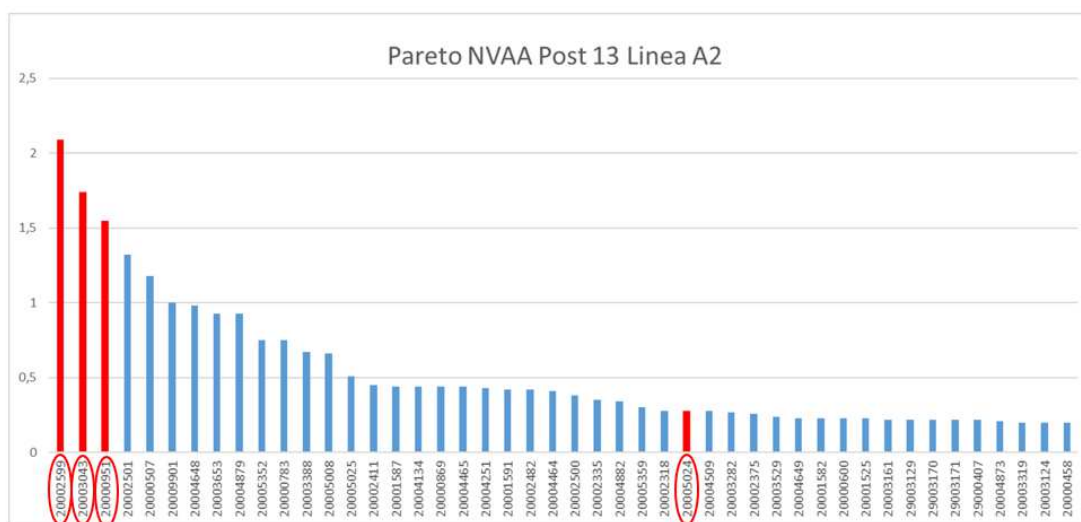


Figura 5.8 - Diagramma di Pareto NVAA Postazione 13 Linea A2

Operazione	Gamma	Descrizione	Tempo
20002599	TDD	Prelievo con paranco e montaggio serbatoio combustibile completo su perno posteriore con 1 vite e rosetta e su mensola anteriore, previo sollevamento e montaggio 1 vite precedentemente asportata e collegamento 1+1 attacchi rapidi tubi gasolio e collegamento elettrico galleggiante. Serraggio completo.	2,09
20003043	UT64	Montaggio serbatoio combustibile completo su staffe posteriore e anteriore e fissaggio con 1 vite e rosetta parte post. E 1 staffetta, 2 dadi, 3 rosette e 1 vite. Serraggio.	1,74
20000951	Spec	Prelievo con paranco serbatoio completo, montaggio a macchina lato Sx con 2 dadi, parte post., e con 2 viti e 2 dadi su mensola Sx cabina/ pianale, previo corretto passaggio cavi e tubi e collegamento elettrico galleggiante serbatoio. Serraggio completo.	1,70
20005024	Spec	Assistenza nel montaggio serbatoio ausiliare sotto cabina lato Sx (imbocco 2 dadi e rosette anteriori + 2 viti e rosette su mensola/scaletta).	0,24

Figura 5.9 - Dettaglio operazioni montaggio serbatoio

5.1.2 5W+1H

Continuando con la descrizione del problema, fase preliminare del progetto di miglioramento, si procede utilizzando un *tool* di analisi logica, tipico del *problem solving* e del WCM: 5W+1H. Tale strumento aiuta alla raccolta di tutti i dati necessari per la risoluzione di un problema. Si deve rispondere a sei domande:

1. WHAT – Cosa: Cosa è successo? Qual è il problema?
2. WHEN – Quando: In quale punto dell'attività? In quale punto del processo? Data? Si è verificato durante la produzione?
3. WHERE – Dove: Dove si è verificato il problema?
4. WHICH – Quale: Quali modelli/varianti sono coinvolti? Il problema è random o ricorrente?
5. WHO – Chi: Chi è stato coinvolto dal problema? È legato a capacità specifiche? È stato riscontrato su un solo turno?
6. HOW – Come: Come si è manifestato il problema?

Per rispondere a queste domande è necessario sicuramente andare in Gemba, quindi nella postazione di lavoro lungo la linea, intervistare gli operatori e fare delle analisi più accurate. Infine, dopo aver risposto a tutte le domande, si scrive una sintesi che descrive

in maniera sommativa l'effetto. Di seguito viene mostrato il modulo 5W+1H compilato per questo progetto:


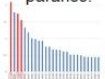

5W+1H						
EFFETTO	1° W	2° W	3° W	4° W	5° W	1H
	WHAT che cosa	WHEN quando	WHERE dove	WHICH quale	WHO chi	HOW come
	Che prodotto si stava lavorando?	Si è verificato durante una lavorazione: continua o intermittente?	Dove si è verificato il problema (linea, macchina, ecc)?	Quali modelli / varianti sono coinvolti?	Il problema è legato a capacità specifiche?	Come è cambiato lo stato dell'impianto rispetto alle sue condizioni operative ottimali?
	Che materiale si stava utilizzando?	E' successo in fase di avviamento o durante la produzione?	Su quale componente si è verificato il problema?	Il problema capita a caso oppure è correlato a qualche situazione specifica?	Il problema può essere stato causato da un comportamento o un operatore specifico?	
Di che dimensione?	Dove si è verificato il problema rispetto al prodotto?	Qual è la tendenza del fenomeno?	Il problema è ricorrente solo su un turno?	Come si è manifestato il fenomeno?		
ELEVATO NVAA DURANTE IL MONTAGGIO DEL SERBATOIO	<p>Elevato NVAA durante le operazioni di prelievo e montaggio del serbatoio e presenza di vincoli dovuti all'utilizzo del paranco.</p> 	<p>Durante la fase di montaggio del serbatoio. Nel momento del prelievo del serbatoio con il paranco e il montaggio sul corpo trattore</p> 	<p>In linea A2, postazione 13.</p>	<p>Specialty, TDD, Utility</p>	<p>L'addetto di postazione, indipendentemente dal turno</p>	<p>L'operatore nel momento del prelievo del serbatoio effettua operazioni con elevato NVAA dovuto al camminare, uso del paranco e attesa dell'aiuto a doppie mani dell'operatore della postazione successiva.</p>
DESCRIZIONE dell' EFFETTO	L'operatore della postazione 13 in linea A2, durante la fase di prelievo del serbatoio, gamme Specialty, Utility, TDD, effettua operazioni con elevato NVAA, dovuto al camminare, uso del paranco e attesa dell'aiuto a doppie mani dell'operatore della postazione successiva.					

Figura 5.10 - 5W+1H

5.1.3 4M+1D

Una volta definito in maniera dettagliata e accurata il problema si prosegue con l'individuazione e la successiva analisi delle *root causes* attraverso uno strumento che ci suggerisce il *problem solving*: 4M+1D. Tale strumento serve ad analizzare un fenomeno individuando l'elenco dei possibili fattori (cause e concause) che si trovano all'origine del fenomeno stesso. Lo strumento è anche conosciuto come diagramma causa - effetto, diagramma di Ishikawa e diagramma a spina di pesce (*fish-bone*). Si raggruppano le cause individuate nelle 5 seguenti categorie:

1. METODO

2. MATERIALE
3. MANODOPERA
4. MACCHINA
5. DESIGN

Per ciascuna categoria è necessario rispondere a una serie di domande standard con lo scopo di eliminare tutte le possibili cause che non hanno contribuito al verificarsi del fenomeno in esame in modo da aver individuato, al termine dell'analisi, le effettive cause radice. La figura di seguito mostra lo strumento 4M+1D compilato per il caso in esame. Le *root causes* individuate sono unicamente relative ai metodi e sono: movimentazione difficoltosa del *bulky*, varietà dei ganci da utilizzare per prelevare i diversi serbatoi e l'operazione a doppie mani.

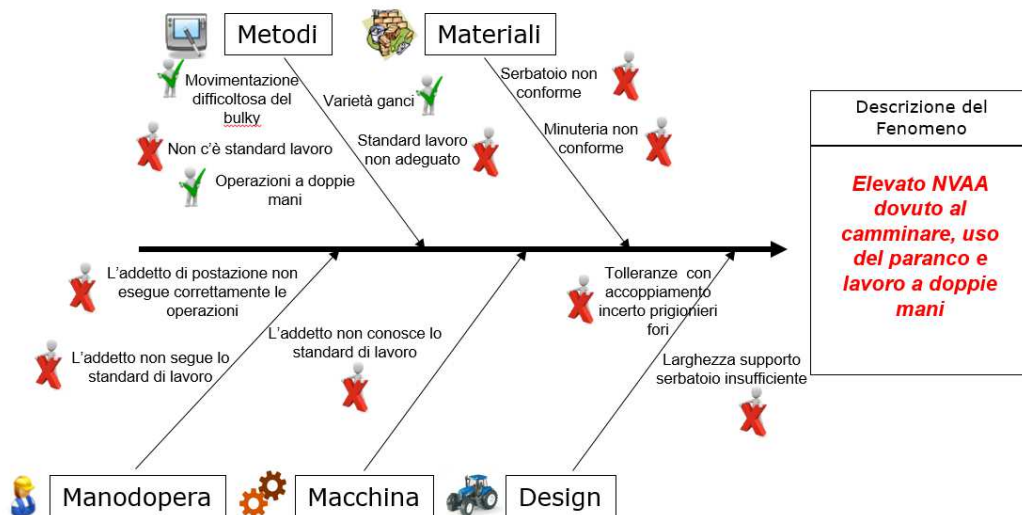


Figura 5.11 - 4M+1D

5.1.4 5 Whys

Infine, dopo aver individuato le cause radice del fenomeno, si utilizza un ultimo strumento di *problem solving* che permette di identificare le cause effettivamente alla radice per poterle eliminare iniziando anche a pensare a possibili azioni correttive: 5 Perché. È uno strumento volto a ricercare cause e possibili soluzioni attraverso una serie consecutiva di perché, per la precisione cinque. Gli input dei 5 Perché sono gli output del diagramma causa-effetto precedentemente realizzato, ovvero le cause radice; per ciascuna di essa si procede con la compilazione dei 5 Perché fino a poter definire una possibile azione correttiva. La figura sottostante mostra lo strumento compilato per il caso in esame. Le azioni correttive da implementare prevedono la realizzazione di un unico sistema di presa, valido per tutti i serbatoi, la progettazione di una Low Cost Automation che sostituisce l'uso del paranco durante il processo e l'eliminazione, se possibile, delle operazioni a doppie mani.

ANALISI DEI 5 PERCHE'		Compilatore:	Data:	CNI INDUSTRIAL	
Problema: NVAA MONTAGGIO SERBATOIO					
1. Perché	2. Perché	3. Perché	4. Perché	5. Perché	Azioni
Variabilità ganci paranco	Variabilità modelli serbatoio	Variabilità gamme trattori in linea A2			Unico sistema di presa valido per tutti i serbatoi
Movimentazione difficoltosa del bulky	Uso difficoltoso del paranco	Prelievo e montaggio serbatoio sono in un'area di difficile movimentazione	Presenza di tradotta JIS e staffa sostegno ganci		Realizzazione LCA con prelievo del serbatoio diretto sulla tradotta
Operazione eseguita a doppie mani	Impossibilità per operatore di compiere operazione da solo	Montaggio contemporaneo scaletta e passaggio tubi	Vincoli di progettazione		Eliminare operazioni a doppie mani tramite LCA
V VERO	F FALSO	C CONFRONTO PRATICO	D DATI-FATTI	E ESPERIENZA	A ALTRO

Figura 5.12 - 5 Whys

5.2 Plan – Analisi 3M e Strike Zone

Si prosegue svolgendo analisi di step 2 e di step 5 del WO, rimanendo ancora in fase Plan, con l'obiettivo di ottenere dati quantitativi dettagliati per il processo di montaggio serbatoio di ciascuna macchina. Si sono svolte quindi le analisi MURI, MURA, MUDA, Spaghetti Chart e Strike Zone per le seguenti operazioni:

- *Operazione 20003043* – Montaggio serbatoio Utility
- *Operazione 20003036* – Montaggio piastra di protezione Utility
- *Operazione 20002599* – Montaggio serbatoio TD5
- *Operazione 20002799* – Aiuto montaggio serbatoio TD5
- *Operazione 20000951* – Montaggio serbatoio Specialty T4
- *Operazione 20005024* – Aiuto montaggio serbatoio Specialty T4

Tali analisi vengono spiegate nel dettaglio nei prossimi paragrafi.

5.2.1 MURI

L'analisi MURI viene eseguita per individuare le operazioni difficili e innaturali compiute dall'operatore attraverso l'analisi ergonomica e lo studio dei movimenti. Tali analisi si effettuano in Gemba, in postazione, osservando i movimenti e le posture dell'operatore durante il processo di montaggio; si compila in seguito il format standard dell'analisi MURI, illustrato nel precedente capitolo, in cui si deve assegnare un punteggio da 1 a 3 ad ogni categoria per ciascuna operazione.

Nello specifico si riportano nella tabella i risultati ottenuti per le quattro analisi MURI svolte: in particolare vengono calcolati il numero di *verdi*, di *gialli* e di *rossi* ottenuti in ogni analisi.

UTILITY		PIASTRA UTILITY		TD5		SPECIALTY T4	
LEVEL	SCORE	LEVEL	SCORE	LEVEL	SCORE	LEVEL	SCORE
GREEN	103	GREEN	70	GREEN	290	GREEN	112
YELLOW	24	YELLOW	12	YELLOW	35	YELLOW	24
RED	8	RED	8	RED	8	RED	8
TOTAL	135	TOTAL	90	TOTAL	333	TOTAL	144

Figura 5.13 – I risultati complessivi dell’analisi MURI

In sintesi, le operazioni denominate “rosse” - ovvero tutte quelle azioni innaturali e difficili che compie l’operatore - sono relative, nel caso di montaggio serbatoio, al prelievo del gancio dalla rastrelliera e dal suo successivo deposito, all’operazione di aggancio del serbatoio, in quanto esse presentano un valore elevato della posizione del *working arm* e del *working range*, due categorie di movimento. Il primo indica la posizione e l’altezza del braccio con cui si lavora, mentre il secondo rappresenta in gradi l’ampiezza dell’area di lavoro. Invece per il montaggio della piastra di protezione nell’Utility le operazioni che presentano maggior difficoltà sono quelle di prelievo della piastra dal carrello JIS a bordo linea e il posizionamento della stessa sulla LCA. Queste operazioni comportano dei movimenti innaturali dell’operatore in termini di flessione della vita, trasporto di pesi e modalità di prelievo delle parti, perché l’operatore stesso deve prendere la piastra e posizzarla sulla LCA a mano.

L'obiettivo del progetto, in termini di MURI, è la riduzione del numero di operazioni "rosse", sebbene sia pressoché impossibile eliminarle completamente perché alcune di esse hanno dei vincoli tecnologici che non permettono molte modifiche.

5.2.2 MURA

L'analisi MURA viene eseguita per individuare movimenti e operazioni irregolari che comportano una variabilità del tempo necessario per effettuare le operazioni, con lo scopo di renderle più standard possibile.

Per realizzare quest'analisi, che è di tipo statistico, sono state realizzate 33 acquisizioni del tempo ciclo di ciascuna gamma di trattore; si inseriscono i dati rilevati in un modulo e si ottiene la distribuzione gaussiana con il valore medio e la deviazione standard, indice della variabilità dell'operazione.

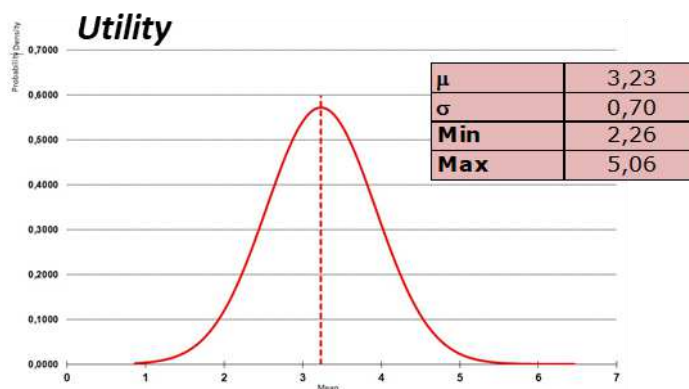


Figura 5.14 - Analisi MURA Utility

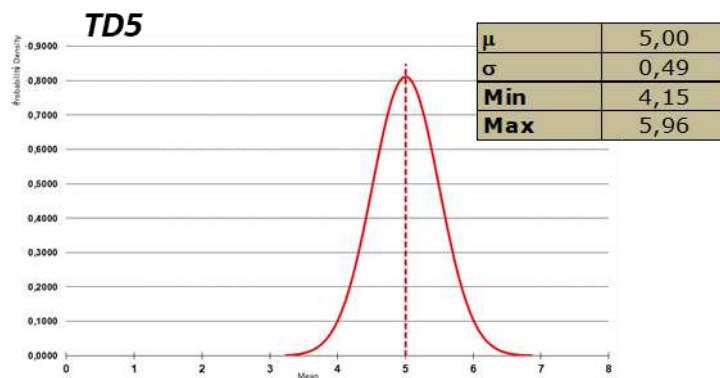


Figura 5.15 - Analisi MURA TD5

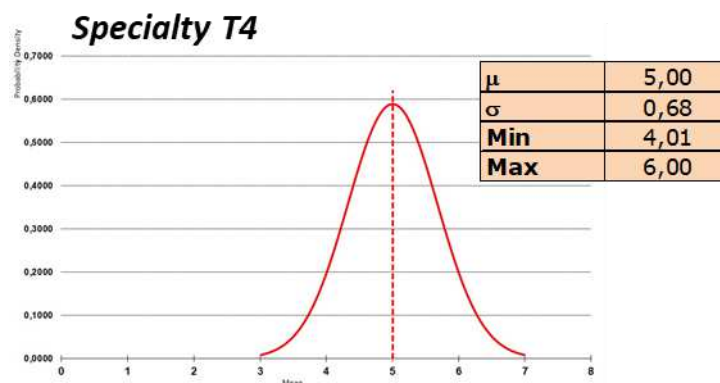


Figura 5.16 - Analisi MURA Specialty T4

Il valore della deviazione standard è pari nei tre casi rispettivamente a 0,70 – 0,49 – 0,68; l'obiettivo in termini di operazioni standard è dunque ridurre il valore della deviazione e diminuire anche lo *standard time*, ovvero il valore medio del tempo ciclo; questo permetterà di avere una campana di Gauss più stretta e più spostata a sinistra, verso l'asse delle ordinate.

5.2.3 MUDA

L'analisi MUDA viene eseguita per identificare tutte quelle attività svolte dall'operatore che non aggiungono valore al prodotto con l'obiettivo di eliminarle o comunque ridurle.

L'identificazione delle attività a non valore aggiunto (NVAA), e la successiva suddivisione di queste in 9 categorie, è in mano al reparto *Work Analysis* (analisi lavoro) che studia i cicli standard di produzione. Quindi, a partire dalle cartelle di lavoro sono state prese nel dettaglio le operazioni di montaggio serbatoio delle varie gamme di trattori; è stato possibile identificare per ciascuna operazione il tempo ciclo, la durata delle attività a valore aggiunto, quelle a semi valore aggiunto e a non valore aggiunto. Inoltre, il tempo NVAA è stato *spacchettato* nelle diverse categorie definite dal WCM, in modo da riuscire a capire quali sono le voci di non valore aggiunto da attaccare. Di seguito vengono mostrati i risultati ottenuti dalle analisi per ciascuna operazione. Si riportano i valori, in termini percentuali e numerici (espressi in minuti), del tempo complessivo per le attività a valore aggiunto (in verde), a semi valore aggiunto (in giallo) e a non valore aggiunto (in rosso); inoltre, è rappresentato un istogramma che mostra lo *spacchettamento* del non valore aggiunto nelle varie tipologie.

Nella gamma Utility l'operazione di montaggio serbatoio ha uno standard time di 3,21 minuti, di cui 1,54, ovvero il 48%, sono attività a non valore aggiunto - nel dettaglio: camminare, movimentazione e uso del paranco.

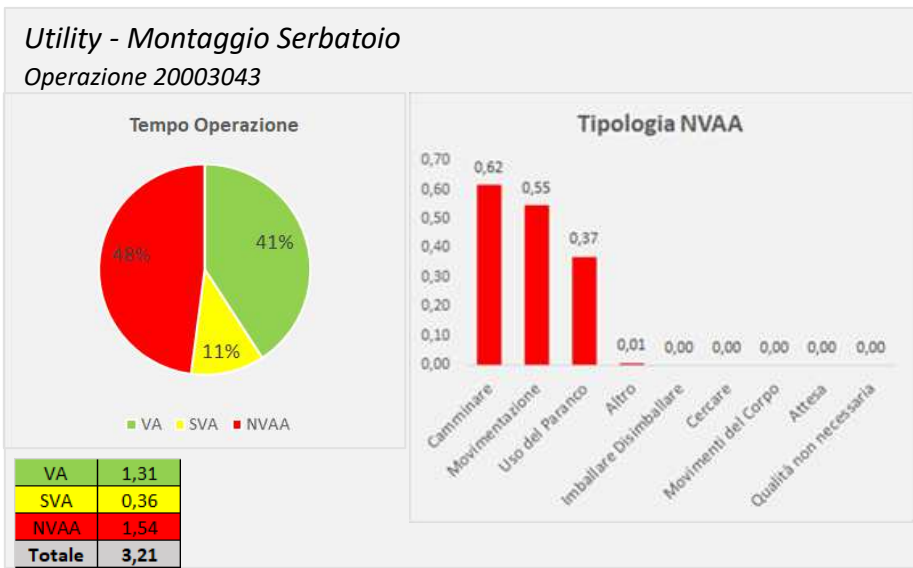


Figura 5.17 - Analisi MUDA del montaggio serbatoio Utility

Il montaggio della piastra nel modello Utility ha un tempo ciclo di 2,16 minuti, ma più del 50% del tempo totale è speso in attività a non valore aggiunto, quali camminare, movimentare e usare il paranco.

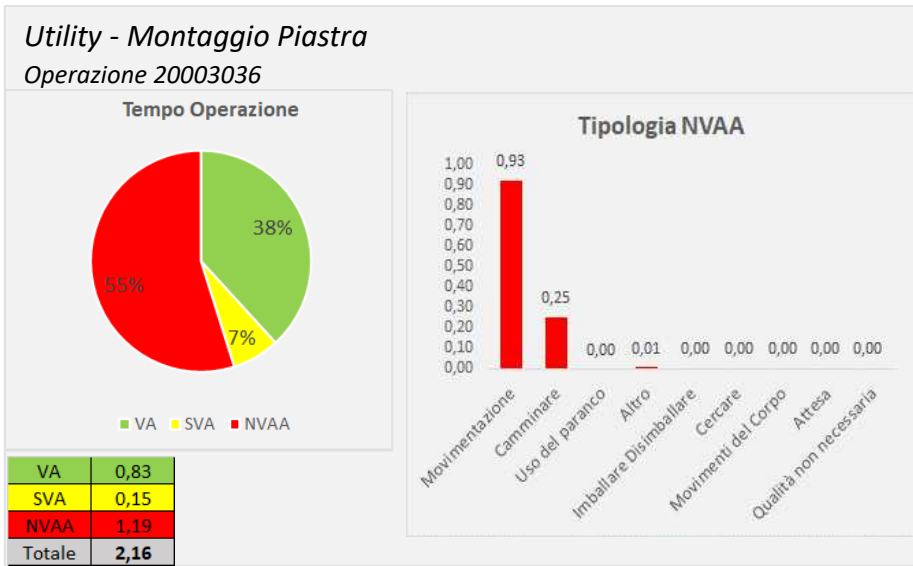


Figura 5.18 - Analisi MUDA del montaggio piastra Utility

Nel modello TD5 l'operazione di montaggio serbatoio viene realizzata in 4,55 minuti e prevede l'aiuto dell'operatore della postazione successiva per un serraggio particolarmente complicato di una vite di ritegno. Come mediamente accade, circa il 50% del tempo ciclo è speso per attività a non valore aggiunto nel montaggio del serbatoio, quali movimentare, camminare e usare il paranco. Invece le attività che deve compiere l'operatore della postazione successiva durante l'aiuto sono principalmente a valore aggiunto, fatta eccezione per qualche attività di movimentazione.

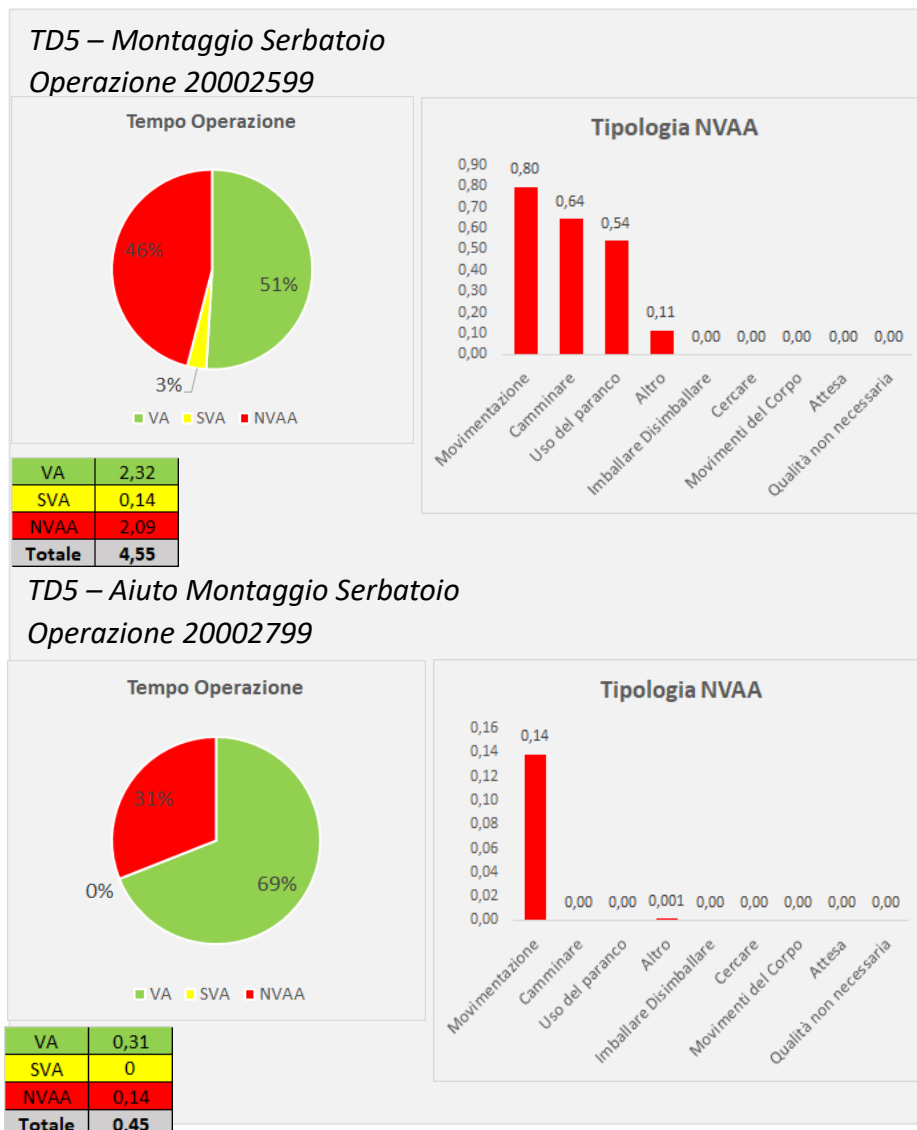


Figura 5.19 - Analisi MUDA del montaggio serbatoio TD5

Nella gamma Specialty T4 il tempo ciclo del montaggio serbatoio è di 3,45 minuti, a cui deve essere sommato anche il contributo dell'operatore della postazione successiva, ottenendo quindi un tempo totale di 5 minuti. Come negli altri casi, le attività a non valore aggiunto sono movimentazione, uso del paranco e camminare. L'aiuto consiste nel montaggio a quattro mani della scaletta, nel posizionamento e serraggio di alcuni dadi o viti.

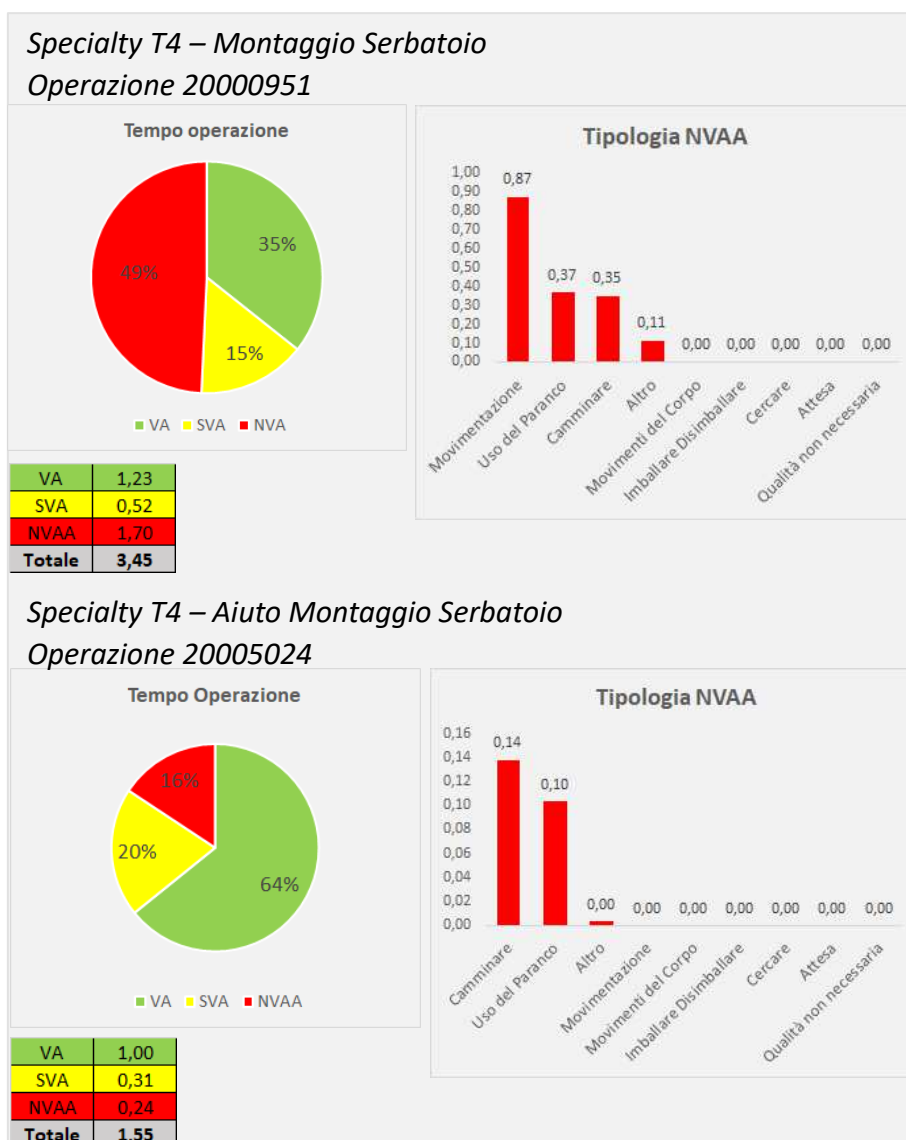


Figura 5.20 - Analisi MUDA del montaggio serbatoio Specialty T4

Avendo individuato - per ciascuna operazione - le tipologie di non valore aggiunto, è possibile implementare delle azioni correttive per il miglioramento del processo di montaggio del serbatoio e della piastra di protezione attraverso il progetto della Low Cost Automation. Inoltre, sarebbe auspicabile riuscire ad eliminare il lavoro a doppie mani, in modo che l'operatore della postazione non debba attendere l'aiuto di un altro operatore e riesca a portare a termine l'attività in modo autonomo.

5.2.4 Spaghetti Chart

La Spaghetti Chart è uno strumento utilizzato per visualizzare i percorsi eseguiti dall'operatore durante il lavoro e per quantificare il numero di passi fatti dallo stesso. Nel caso in esame si è voluto ricorrere anche a quest'analisi per quantificare in modo accurato e preciso il camminare, contando, in Gemba, il numero di passi che l'operatore fa durante le operazioni di montaggio del serbatoio.

Nel montaggio del solo serbatoio l'operatore compie 47 passi, che aumentano a 67 quando è previsto l'aiuto dell'operatore della postazione successiva e a 78 quando la variante prevede anche la piastra di protezione nel modello Utility. Di seguito si riportano le analisi realizzate.

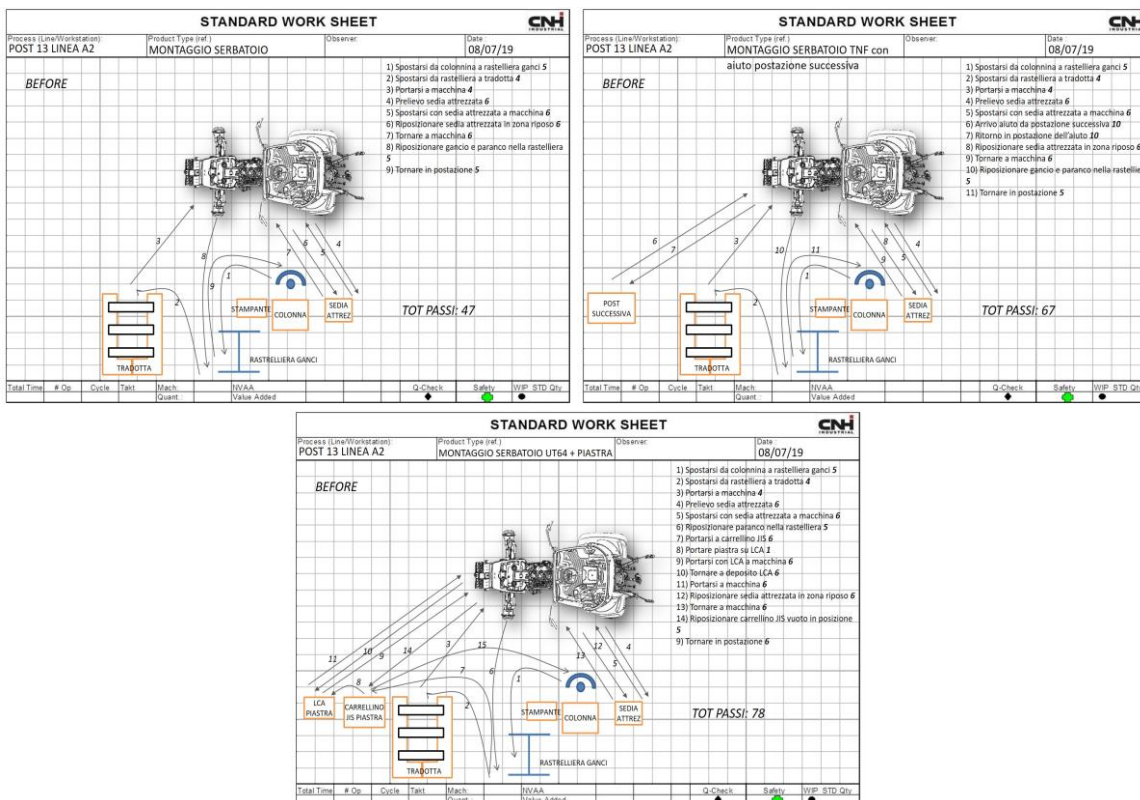


Figura 5.21 - Spaghetti Chart

5.2.5 Strike Zone

La golden e strike zone sono analisi più accurate per valutare l'ergonomia della postazione di lavoro in termini di raggiungibilità degli strumenti e delle attrezzature. Nel progetto in esame si è scelto di analizzare soltanto la strike zone poiché la golden zone è specifica per le postazioni fisse, per i banchi di lavoro fuori linea. Analogamente a quanto compiuto per tutte le altre analisi, si procede compilando un modulo in cui vengono elencate tutte le operazioni compiute dall'operatore durante il ciclo di lavoro, alle quali poi viene assegnato un punteggio in base all'altezza, rispetto al corpo, in cui viene svolta quella determinata azione. Inoltre, associando ad ogni operazione il tempo per compierla, si ottiene anche il tempo totale in cui l'operatore si trova nelle tre

differenti zone (indicate in verde, giallo e rosso). Di seguito si portano i risultati ottenuti dalle analisi strike zone realizzate.

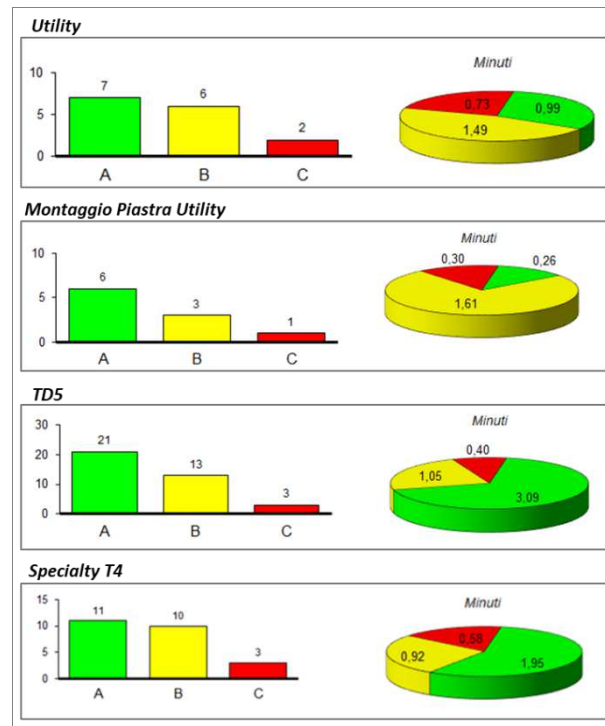


Figura 5.22 - I risultati dell'analisi Strike Zone

Come si evince dalla figura sopra, il punto di partenza in termini di strike zone non è così negativo; infatti, si hanno 2 o 3 posizioni scorrette e non naturali per ciascuna operazione. Queste sono relative principalmente ad attività che l'operatore fa per utilizzare il paranco, quindi prelievo dei ganci dalla rastrelliera, imbragare il serbatoio sul paranco e il deposito del gancio una volta terminato il lavoro. L'obiettivo in questo caso è quello di eliminare tutte le attività in *Red Zone* in quanto derivano unicamente dall'utilizzo del paranco che verrà sostituito dalla Low Cost Automation.

5.3 Plan – Sviluppo della Low Cost Automation

Terminate tutte le analisi e avendo ben chiari gli obiettivi del progetto di miglioramento, si inizia con lo sviluppo e la modellazione virtuale del prototipo della Low Cost Automation. Tale carrello deve poter sostituire l'utilizzo del paranco, deve essere quindi un'attrezzatura valida per il montaggio di ciascuna tipologia di serbatoio, per tutte le gamme di trattori che vengono assemblati nella linea A2; la difficoltà principale sarà proprio quella di riuscire a realizzare un carrello unico utilizzabile per tutte le operazioni di montaggio del serbatoio e della piastra.

Il primo passo è stato quello di capire cosa la LCA doveva fare, quali movimenti doveva poter compiere e in che misura; inoltre è importante anche determinare tutti gli ingombri e le dimensioni di massima, valutando gli eventuali vincoli dimensionali dovuti all'impostazione del processo stesso.

Dal punto di vista funzionale la LCA deve essenzialmente avere un sistema di presa e di aggancio in sicurezza del serbatoio e un meccanismo di salita e discesa per regolare la posizione del serbatoio in altezza durante l'assemblaggio sul trattore. Questi sono i due aspetti principali del progetto che devono essere sviluppati e implementati e che verranno approfonditi nei successivi paragrafi.

Per quanto riguarda dimensioni e ingombri ci sono dei vincoli da rispettare:

- La larghezza del carrello non può essere maggiore di 470 mm, ovvero l'ampiezza del vano della tradotta, per consentire il prelievo del serbatoio.
- Il carrello deve poter raggiungere un'altezza di 750 mm per prelevare il serbatoio poiché la tradotta è alta 730 mm.

- Il carrello deve inoltre poter raggiungere anche un'altezza minima di 480 mm, per consentire il montaggio di tutti i modelli di serbatoio.



Figura 5.23 - Vincoli di dimensioni e di altezza

In particolare, analizzando nello specifico il processo di montaggio del serbatoio delle tre gamme di trattori, si possono misurare e definire ciascun'altezza a cui si lavora:

- Utility: la base inferiore del serbatoio si trova a 630 mm da terra, ma volendo prelevare contemporaneamente il serbatoio e la piastra e assemblare prima l'uno poi l'altra, è necessario che essa si trovi a circa 480 mm da terra, in modo da lasciare circa 150 mm tra la piastra e il serbatoio, spazio sufficiente per inserire l'avvitatore angolare.
- Specialty T4: la base inferiore del serbatoio, durante il montaggio, deve trovarsi a circa 500 mm da terra per consentire all'operatore di collegare tubi idraulici e cavi elettrici.

- TD5: il serbatoio deve poter ruotare rispetto al piano orizzontale di circa 20°, e per poter centrare il perno è necessario che la base inferiore del serbatoio si trovi piuttosto in basso, a circa 480 mm da terra.

5.3.1 Sistema di movimentazione

Partendo da questi dati numerici si è implementato un sistema di movimentazione lineare di salita e discesa vincolato ad un telaio fisso, ovvero la struttura del carrello, dotato inoltre di quattro ruote per la movimentazione dello stesso.

Si è pensato di utilizzare un semplice pistone elettrico per la movimentazione verticale del piano del carrello, su cui poggia il serbatoio. La corsa del pistone dovrebbe essere di circa 300 mm poiché si deve andare dai 480 mm ai 780 mm circa da terra per garantire il prelievo e il montaggio in macchina di tutti i serbatoi. Dovendo realizzare il prototipo internamente utilizzando materiali e componenti disponibili in officina, la scelta del cilindro è stata obbligata; infatti, l'unico adoperabile ha una corsa limitata, di soli 200 mm. Di fronte a questa problematica, in un primo momento si è ipotizzato di comprarne uno con una corsa maggiore da installare direttamente sul prototipo, ma per motivi di tempo e di costi si è preferito inserire un sistema di leve con lo scopo di aumentare la corsa del pistone.

Inoltre, in una prima bozza del modello CAD, la base su cui poggia il serbatoio si muove verticalmente grazie a dei tubi che scorrono l'uno dentro l'altro sostituendo pattini e guide. Tuttavia, questa soluzione comporta un elevato valore di attrito e il rischio che i tubi si inceppino durante il movimento. Per queste ragioni si è preferito utilizzare quattro guide e quattro pattini, due anteriori e due posteriori, per conferire al carrello

maggior stabilità. Inoltre, diversamente dal solito, a telaio sono fissati i pattini e non le guide, che dunque scorrono: questo permette di arrivare a 480 mm da terra.



Figura 5.24 - Primo meccanismo di salita e discesa con dei tubi



Figura 5.25 – Meccanismo definitivo con pattini e guide

Essendo un pistone elettrico, esso è collegato ad una batteria ed è azionabile attraverso una pulsantiera con due semplici pulsanti, uno per la salita e uno per la discesa.

L'altro movimento che la LCA deve permettere è la rotazione del piano su cui poggia il serbatoio rispetto all'orizzontale; infatti, come già spiegato, nel montaggio del serbatoio del TD5, esso deve essere inclinato di circa 20° per poter centrare il foro presente sulla piastra inferiore del serbatoio nel perno in macchina. Per realizzare questo tipo di

movimento si è pensato ad un cilindro che ruota intorno al proprio asse a cui è vincolato rigidamente il piano. Il cilindro è collegato ai due estremi a due cuscinetti, che sono a loro volta vincolati rigidamente alle guide interne; questo permette che a ruotare sia solamente il piano, e quindi il serbatoio, ma non tutta la struttura, svincolando così i due movimenti.

Tale rotazione, quando non necessaria, è bloccata attraverso un piccolo perno, che viene sganciato al bisogno attraverso un semplice freno della bicicletta.



Figura 5.26 - Piano basculante

5.3.2 Sistema di presa del serbatoio

L'altro aspetto principale del progetto è il sistema di presa del serbatoio, ossia la modalità con cui viene prelevato il serbatoio dalla tradotta e viene bloccato sul piano d'appoggio del carrello. La grande difficoltà nel pensare e ideare un sistema di presa unico per tutte e tre le gamme di trattori è dovuta alla molteplicità delle varianti dei serbatoi per ciascuna macchina; infatti, ci sono due o tre tipologie di serbatoio per ogni modello, che si differenziano per il peso: nella figura sottostante sono evidenziati i

serbatoi con il peso maggiore. Inoltre, le tre categorie di serbatoi presentano enormi differenze non solo in termini di peso, ma anche di forma e dimensioni; difatti, all'inizio dell'elaborato si è sottolineato il fatto che vengono utilizzati tre ganci differenti per i tre serbatoi.

Disegno	Descrizione	Peso	Specialty T4	UTILITY	TDD
474442590	SERBATOIO C/INDIC.LIV.COMB.(TNV)	10,6	1		
474567130	SERBATOIO C/INDIC.LIV.COMB.(TNN)	10,6	1		
514647180	SERBATOIO COMB.C/INDIC.LIV.(TNF)	8,16	1		
481750770	SERBATOIO COMBUST.	17			1
481750830	SERBATOIO COMBUST.	45,9			1
514435310	SERBAT.COMB.C/SERBAT.UREA (NASO)	27,47		1	
514437990	SERBAT.COMB.C/SERB.UREA (GIAPP.)	33,37		1	
514438000	SERBAT.COMB.C/INDIC.LIV.E TAPPO	17,78		1	

Figura 5.27 - Elenco di tutte le varianti dei serbatoi con i relativi pesi

Tale aspetto ha comportato alcune problematiche in quanto inizialmente non si riusciva a trovare un sistema unico di prelievo e l'unica idea era quella di realizzare tre diversi sistemi da agganciare alla LCA uno alla volta; questo però implicava dei tempi di set-up, che rappresentano attività a non valore aggiunto.

Successivamente è stato sviluppato un unico sistema di presa, caratterizzato da due differenti soluzioni, entrambe presenti nel carrello senza necessità di set-up: per i serbatoi Specialty T4 e TD5, che hanno la piastra metallica premontata, si è deciso di utilizzare delle elettrocalamite poste sul piano d'appoggio del carrello, mentre per il serbatoio Utility, non avendo la piastra premontata, è stata modellata una sorta di braccio, con un sistema di bloccaggio simile a quello presente nel relativo gancio.

Per la prima soluzione sono state installate due elettrocalamite, da 80 Kg ciascuna, sulla base del piano d'appoggio. Una volta che il serbatoio è stato prelevato e poggia sul piano del carrello, attraverso un pulsante vengono attivate le elettrocalamite che bloccano istantaneamente il serbatoio stesso; queste vengono poi staccate quando il serbatoio è montato in macchina.

Per il prelievo del serbatoio Utility - non essendo possibile ricorrere alla medesima soluzione, poiché la piastra non è premontata sul serbatoio - è stato sviluppato un particolare sistema di presa, una specie di braccio, partendo dall'analisi dei possibili punti di presa sul serbatoio. Come mostrato in figura, si è pensato di prendere il serbatoio attraverso un foro passante e una gola nella parte superiore.

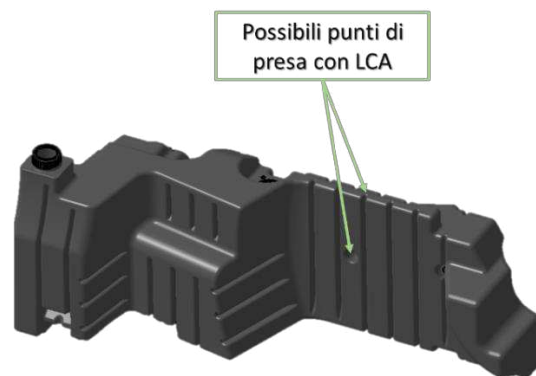


Figura 5.28 - I possibili punti di presa del serbatoio Utility

Il sistema di presa ideato presenta un perno che va inserito nel foro e un semplice sistema di bloccaggio manuale nella parte superiore; nella figura di seguito si riporta il modello CAD del braccio e come viene prelevato il serbatoio.

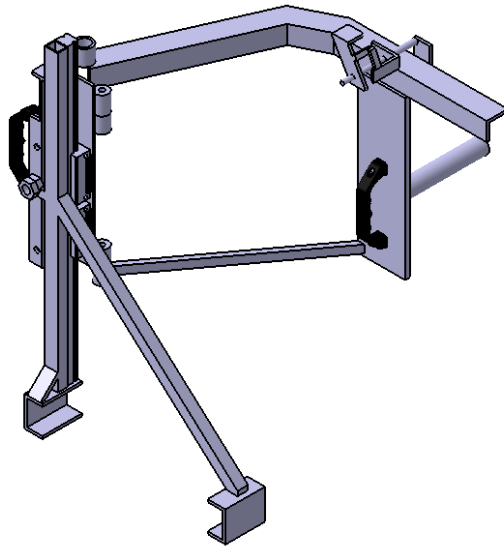


Figura 5.29 - Modello CAD del sistema di presa del serbatoio Utility

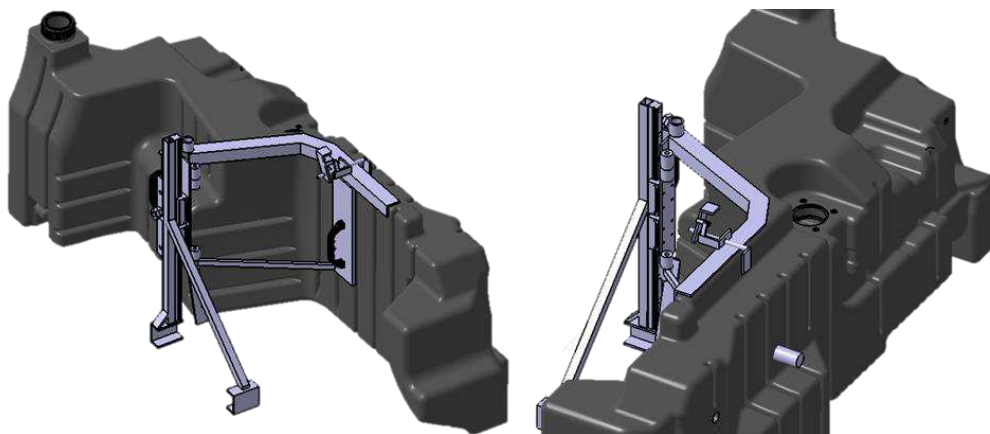


Figura 5.30 - Presa e bloccaggio del serbatoio Utility

Il sistema di presa è regolabile in altezza, infatti è presente una guida con due pattini per far scorrere in alto e in basso il braccio, in modo tale da rendere più semplice il prelievo del serbatoio centrando il foro con il perno.

5.4 Do – Prototipazione e realizzazione del prototipo

In contemporanea con la fase di sviluppo delle funzionalità dalla Low Cost Automation, è stata realizzata una prima bozza del modello CAD del carrello, successivamente perfezionato.



Figura 5.31 - Rendering LCA

Il modello CAD ha permesso di scoprire e individuare diverse problematiche prima di realizzare il prototipo fisico, riducendo notevolmente i tempi per effettuare le modifiche. Ha consentito di ottimizzare gli ingombri e le dimensioni del carrello, così come le varie funzionalità: per esempio, la geometria della leva per il meccanismo di salita e discesa è stata disegnata in modo tale da realizzare la corsa desiderata.

Inoltre, con il modello CAD, prima di realizzare il prototipo fisico sono state effettuate delle simulazioni su un software *multi-body*, *Adams View*. L'analisi dinamica *multi-body* è una tecnica che permette di simulare e testare con facilità prototipi virtuali dei sistemi meccanici, risparmiando così costi e tempo rispetto alla prototipazione reale. L'analisi dinamica è fondamentale perché consente di capire come le parti in movimento interagiscono tra di loro e con gli oggetti circostanti. Nel caso in esame le simulazioni hanno permesso di visualizzare, prima di portare in linea il carrello, come sarebbe cambiato il processo di montaggio serbatoio con l'inserimento della LCA. In più è stato possibile anche capire se il meccanismo di salita e discesa fosse in grado di raggiungere le altezze desiderate, e in caso negativo sarebbe stato sufficiente modificare qualche quota della leva per adattarla alle esigenze.

Per le simulazioni sono state scelte due operazioni differenti:

1. *Il prelievo più complicato – Utility.*

L'operazione di prelievo più difficoltosa è sicuramente quella del serbatoio Utility, ovvero con l'utilizzo del sistema di presa. Infatti, è necessario capire se la posizione del perno sul braccio è giusta e garantisce il centraggio sul serbatoio, se il sistema manuale di bloccaggio è posizionato correttamente e assicura il blocco, e se il pistone e la leva permettono il raggiungimento delle altezze desiderate.

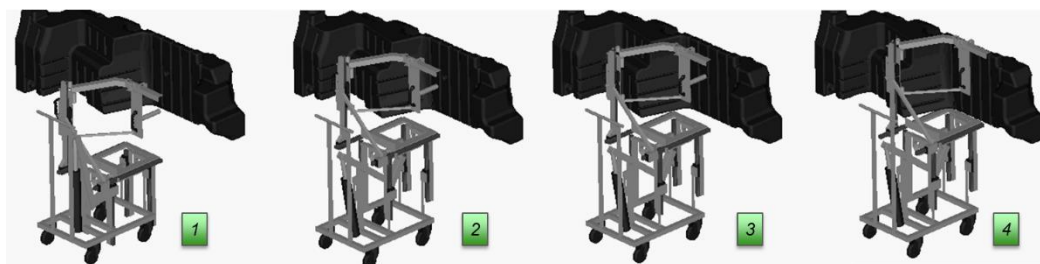


Figura 5.32 - Alcuni fotogrammi della simulazione del prelievo del serbatoio Utility

Si mostra inoltre il particolare del sistema di bloccaggio manuale nella figura sottostante.

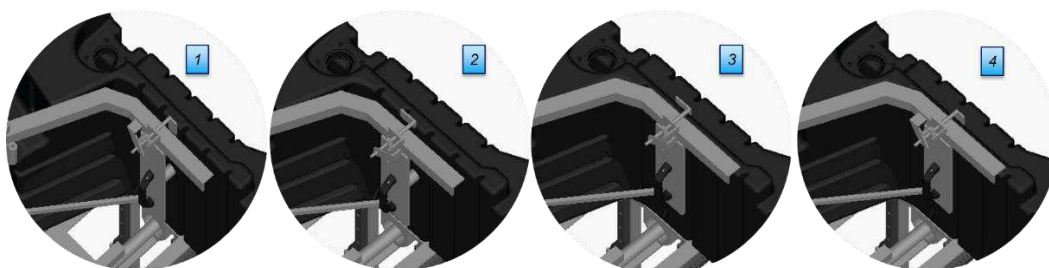


Figura 5.33 - Alcuni fotogrammi della simulazione del bloccaggio del serbatoio Utility

2. Il montaggio più complicato – TD5.

L'operazione di montaggio serbatoio più complessa è senza dubbio quella del TD5, dal momento che prevede la rotazione del serbatoio per effettuare il centraggio di un foro. In questo caso, attraverso la simulazione, è stato possibile capire se l'escursione del cilindro e l'inclinazione del piano del carrello fossero sufficienti per garantire il perfetto centraggio del foro. Si riportano alcune immagini della sequenza di montaggio del serbatoio: il blocco blu in figura rappresenta, in maniera semplificata, il corpo trattore lungo la linea.

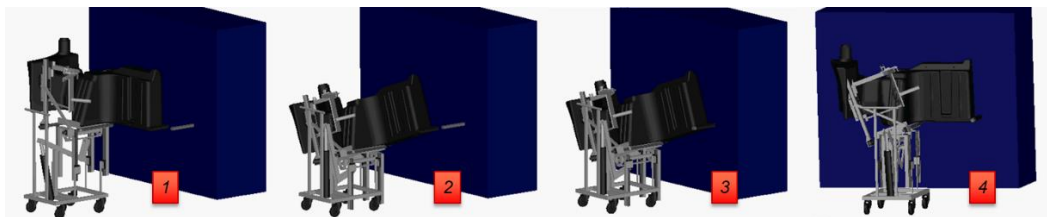


Figura 5.34 - Alcuni fotogrammi della simulazione del montaggio serbatoio TD5

Le simulazioni hanno dunque permesso di visualizzare le variazioni e i cambiamenti del processo di prelievo e montaggio serbatoio con l'utilizzo di questa Low Cost Automation prima ancora di realizzare il prototipo fisico e fare le prove in linea.

Al termine di tutte queste analisi si è potuto procedere con la realizzazione del prototipo fisico da utilizzare poi per le prove in linea, necessarie per effettuare tutte le analisi After.

Il prototipo viene costruito internamente dal WO Specialist in collaborazione con il metodista, con materiale e componenti disponibili in officina; in questo caso sono state acquistate solamente le due elettrocalamite e naturalmente il ferro.



Figura 5.35 - Prototipo fisico della Low Cost Automation

Dopo le prime prove in linea, grazie alla collaborazione degli operatori e dei capisquadra, sono state individuate alcune modifiche da fare per rendere il carrello più *user-friendly*³⁴ e più sicuro per l'operatore stesso:

- È stato inserito un sistema di bloccaggio manuale per il serbatoio del TD5 per garantire maggior sicurezza; infatti, essendo la superficie della piastra metallica di piccolo spessore, avendo il serbatoio il proprio centro di massa all'esterno del piano d'appoggio e un peso rilevante (45,9 Kg), si è preferito inserire un sistema di bloccaggio manuale che vincola il serbatoio sulla base d'appoggio ed evita che durante la rotazione questo scivoli e cada. Il blocco si incastra in una gola presente sulla piastra del serbatoio, come mostrato nella seguente figura.



Figura 5.36 - Sistema di sicurezza per il bloccaggio del serbatoio TD5

- Il sistema di presa del serbatoio dell'Utility è di intralcio quando vengono montati gli altri due modelli di serbatoio. Si è deciso dunque di rendere quella parte mobile, ovvero si sono inserite due cerniere sull'asta verticale che regge il braccio in modo tale che questo possa ruotare intorno ad un asse verticale. In questo

³⁴ User-friendly – di facile utilizzo

modo, il braccio viene aperto quando si deve assemblare il serbatoio dell'Utility, viene chiuso in tutti gli altri casi.



Figura 5.37 - Rendering LCA con il sistema di presa serbatoio chiuso

- Per evitare che durante l'inclinazione del serbatoio il piano ruote di un angolo maggiore di quello desiderato, è stato inserito uno spessore che funge da blocco, per limitare la rotazione in termini di ampiezza.
- In ultimo per facilitare l'utilizzo della LCA per l'operatore e ridurre il più possibile i tempi di regolazione dell'altezza del serbatoio, sono stati disegnati dei segni sulle guide verticali, di colore differente, che rappresentano tutte le altezze da raggiungere nei vari casi. In questo modo l'operatore, una volta prelevato il serbatoio, può immediatamente regolarlo in altezza, senza perdere tempo e senza doverlo poi riposizionare quando si posiziona a lato del trattore.

5.5 Check – Confronto Before e After delle analisi

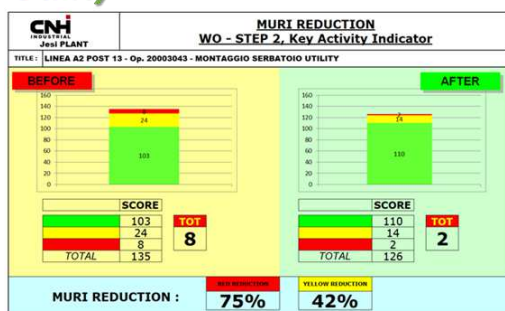
La fase check è di test, controllo, studio e raccolto dei risultati ottenuti e dei riscontri; si analizzano i risultati misurati e raccolti nella fase precedente e si confrontano con le analisi ottenute in fase Plan, per capire se i risultati attesi sono stati raggiunti e in quale misura. Nei paragrafi successivi si analizza nel dettaglio il confronto delle analisi realizzare prima e dopo la sostituzione del paranco con la Low Cost Automation per il processo di montaggio serbatoio.

Prima di iniziare con le varie analisi è stato necessario definire una nuova sequenza di operazioni per ciascuna tipologia di trattore, che rappresentasse il nuovo processo di montaggio serbatoio con l'utilizzo della LCA. Questo è stato fatto osservando le prove in linea, ovvero facendo usare il nuovo carrello all'operatore e cercando insieme la miglior sequenza di montaggio possibile.

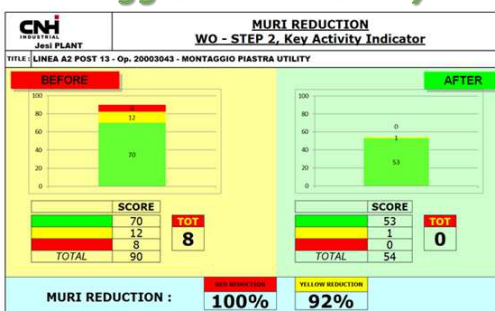
5.5.1 *Analisi MURI*

È stata svolta l'analisi MURI After delle operazioni di montaggio dei tre serbatoi e del montaggio della piastra di protezione nell'Utility. Dopo aver realizzato le analisi del dopo, nella stessa modalità con cui sono state effettuate le analisi del prima, è opportuno calcolare la riduzione dei gialli e dei rossi - ovvero di quelle attività innaturali e difficili per l'operatore – per poter capire se sono stati raggiunti gli obiettivi prefissati. Nella seguente figura sono riportati i confronti Before e After delle quattro analisi MURI effettuate.

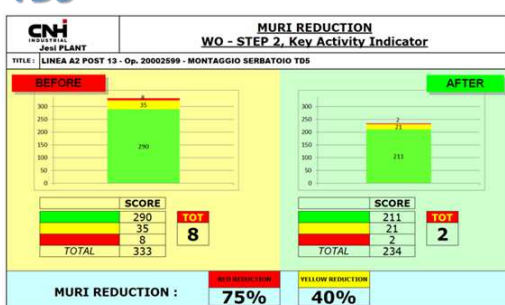
Utility



Montaggio Piastra Utility



TDS



Specialty T4

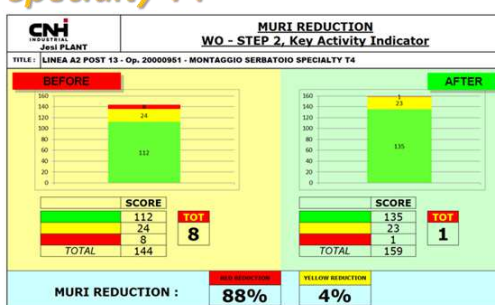


Figura 5.38 - Confronto MURI Before e After

Come si evince dalla figura le attività difficoltose e innaturali sono state ridotte almeno del 75%, nel caso del montaggio della piastra addirittura sono state completamente eliminate; le operazioni “rosse” che rimangono e che non è stato possibile eliminare sono caratterizzate da vincoli di tipo tecnologico, dovuti alle caratteristiche intrinseche del processo di assemblaggio, come per esempio il dover inserire viti, dadi e rosette in posizioni scomode per l’operatore. Tutte le operazioni relative all’utilizzo del paranco sono state eliminate e sostituite dall’uso del carrello, sicuramente più ergonomico del paranco, come mostrano i risultati ottenuti dalle varie analisi MURI.

5.5.2 Analisi MURA

Sono state effettuate le analisi MURA con l’utilizzo della LCA a sostituzione del paranco per le quattro macro-operazioni, ovvero il montaggio delle tre tipologie di serbatoio e

quello della piastra di protezione dell'Utility. Dopo aver realizzato le analisi After, con le stesse modalità con cui sono state effettuate le analisi Before, sono stati messe a confronto le due distribuzioni di Gauss. A seguito dell'intervento di miglioramento, la campana si è stretta e spostata a sinistra verso l'asse delle ordinate; questo perché sono diminuiti sia il valor medio che la deviazione standard, indice della variabilità del processo. Oltre al confronto grafico vengono calcolati due valori importanti e indicativi del miglioramento ottenuto:

- $$MURA\ REDUCTION = \frac{(\sigma_{After} - \sigma_{Before})}{\sigma_{Before}} \%$$
- $$STANDARD\ TIME\ REDUCTION = \frac{(\mu_{After} - \mu_{Before})}{\mu_{Before}} \%$$

Il primo è la riduzione del valore di deviazione standard e indica quanto è diminuita la variabilità del processo, mentre il secondo è la riduzione dello standard time, ovvero il tempo medio di svolgimento dell'attività, e sarà utile nel calcolo del rapporto benefici su costi. Di seguito si riportano i risultati ottenuti in termini di MURA.

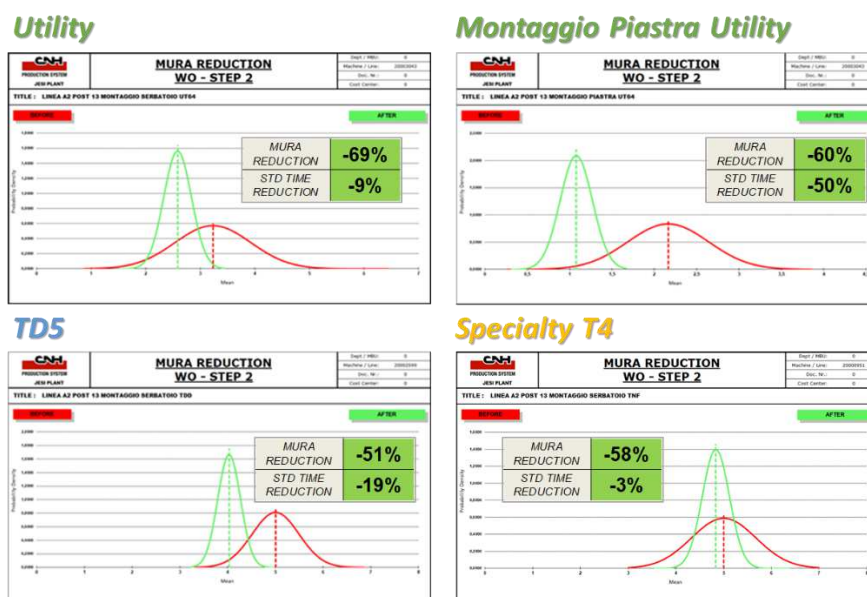


Figura 5.39 - Confronto MURA Before e After

La riduzione dei MURA è sempre superiore al 50%, in tutti i casi, fino ad arrivare anche quasi al 70%; questo mostra un importante miglioramento in termini di standardizzazione del processo ottenuto attraverso l'implementazione della Low Cost Automation. L'operatore ora compie delle operazioni standard e chiunque lavori in quella postazione, sebbene non sia esperto, riesce ad assemblare il serbatoio con facilità.

Lo standard time invece non è stato ridotto in egual misura: infatti nelle tre attività di montaggio serbatoio si sono ottenute riduzioni del 9%, 19% e 3%; questo perché, pur avendo eliminato alcune attività a non valore aggiunto, ne sono state aggiunte delle nuove relative all'utilizzo del carrello. In questo progetto l'obiettivo non era tanto ridurre il tempo ciclo della postazione, ma bensì ridurre le attività a non valore aggiunto e standardizzare le operazioni. Differente è il discorso per il montaggio della piastra di protezione dell'Utility: infatti in tal caso la riduzione dello standard time è del 50%. È stata ottenuta questa importante riduzione perché l'operatore, con la LCA, può prelevare il serbatoio e la piastra contemporaneamente all'inizio delle attività; la piastra viene appoggiata sulla base d'appoggio del carrello, mentre il serbatoio è sollevato rispetto ad essa di circa 15 cm ed è agganciato al sistema di presa. L'operatore poi si avvicina al trattore con il carrello, posiziona il serbatoio e lo monta in macchina; riesce a fare tutti i serraggi anche nella parte posteriore perché c'è uno spazio di circa 15 cm tra i due componenti che permette l'inserimento dell'avvitatore angolare. Dopo aver assemblato il serbatoio, l'operatore può montare anche la piastra, ma riesce a farlo senza doversi rialzare dalla seggiola e andare a prendere la piastra a bordo linea. In questo modo è stato ridotto notevolmente il tempo medio dell'operazione, perché sono

state eliminate molteplici attività che l'operatore doveva fare prima di montare la piastra.

5.5.3 Analisi MUDA

Per svolgere le analisi MUDA After è stata necessaria la collaborazione con il reparto Work Analysis e in particolare sono state effettuate insieme all'analista responsabile dell'officina 2; infatti, dopo aver definito le nuove sequenze di montaggio, per l'analisi MUDA bisogna assegnare ad ogni operazione un tempo, suddividendoli in VAA, SVAA e NVAA, *spacchettando* queste ultime nelle diverse categorie. Di seguito vengono mostrate i confronti dell'analisi MUDA Before e After per le tre differenti operazioni di montaggio serbatoio e per il montaggio della piastra dell'Utility. Nelle analisi After non si è più parlato delle due operazioni di aiuto montaggio perché grazie all'utilizzo della LCA è stato possibile eliminare il lavoro a doppie mani e l'operatore può portare a termine il ciclo di lavoro in modo autonomo.

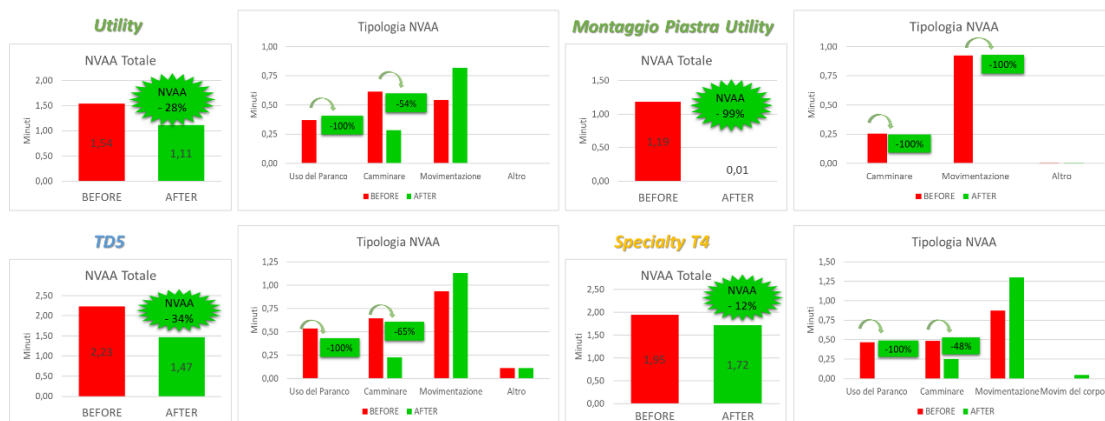


Figura 5.40 - Confronto MUDA Before e After

Ora verranno analizzati in maniera dettagliata i risultati relativi ai quattro processi presi in esame.

Nel montaggio del serbatoio Utility il NVA è stato ridotto del 28%, in particolare è stato azzerato l'uso del paranco ed è stato diminuito il camminare, sebbene sia aumentato il tempo impiegato per la movimentazione poiché in questo sono incluse tutte le operazioni di movimentazione della LCA da parte dell'operatore. Nel complesso è stato ridotto anche lo standard time di quasi il 10%.

Utility							
NVAA TOTALE				TIPOLOGIA NVAA			
BEFORE	AFTER	Δ	%	Tipologia	BEFORE	AFTER	%
1,54	1,11	0,43	-28%	Uso del Paranco	0,37	0,00	-100%
STANDARD TIME				Camminare	0,62	0,29	-54%
BEFORE	AFTER	Δ	%	Movimentazione	0,55	0,82	50%
3,21	2,93	0,27	-9%	Altro	0,01	0,01	0%

Passando al montaggio della piastra di protezione dell'Utility si nota che il NVA è stato praticamente azzerato e lo standard time ridotto del 50%. Tale risultato è stato raggiunto perché sono state eliminate tutte le operazioni di prelievo della piastra dal carrello JIS a bordo linea, in quanto, come già descritto precedentemente, essa viene prelevata insieme al serbatoio all'inizio del ciclo.

Montaggio Piastra Utility							
NVAA TOTALE				TIPOLOGIA NVAA			
BEFORE	AFTER	Δ	%	Tipologia	BEFORE	AFTER	%
1,19	0,01	1,18	-99%	Uso del Paranco	0,00	0,00	0%
STANDARD TIME				Camminare	0,25	0,00	-100%
BEFORE	AFTER	Δ	%	Movimentazione	0,93	0,00	-100%
2,16	1,08	1,08	-50%	Altro	0,01	0,01	0%

Nel montaggio del serbatoio sul trattore TD5 era previsto l'aiuto della postazione successiva per un particolare serraggio piuttosto complesso; con l'implementazione della nuova LCA l'operatore riesce a portare a termine tutte le varie attività in modo

autonomo. Lo standard time dell'intera operazione, prima dell'intervento, è calcolato come la somma di due standard time, uno relativo all'operatore della postazione considerata e l'altro all'operatore della postazione successiva che lo aiuta. Naturalmente avendo eliminato il lavoro a doppie mani, l'operatore della postazione avrà bisogno di più tempo per poter portare a termine tutte le attività, comprese quelle che effettuava l'altro operatore.

È stato ottenuto un ottimo risultato in termini di riduzione del non valore aggiunto: infatti è stato ridotto del 34% e in particolare è stato azzerato il tempo impiegato nell'uso del paranco e diminuito il camminare. Anche lo standard time ha subito una riduzione, sebbene minore, ma rimane in ogni modo un buon risultato poiché è stato eliminato il lavoro a doppie mani, che rappresenta sempre e comunque un vincolo.

TD5							
NVAA TOTALE				TIPOLOGIA NVAA			
BEFORE	AFTER	Δ	%	Tipologia	BEFORE	AFTER	%
2,23	1,47	0,76	-34%	Uso del Paranco	0,54	0,00	-100%
STANDARD TIME				Camminare	0,64	0,23	-65%
BEFORE	AFTER	Δ	%	Movimentazione	0,94	1,13	21%
5,00	4,03	0,97	-19%	Altro	0,11	0,11	-1%

Infine, analizzando i risultati ottenuti per il montaggio del serbatoio sul trattore Specialty T4, si evince che la riduzione del non valore aggiunto e dello standard time è inferiore rispetto ai casi precedenti; tale risultato è giustificato dal fatto che anche in questo caso era previsto l'aiuto della postazione successiva. Nello specifico l'altro operatore doveva svolgere attività importanti, come il montaggio della scaletta sul trattore; l'aver eliminato l'aiuto ha comportato che l'operatore della postazione avesse bisogno di molto più tempo per poter svolgere tutte le attività che prima venivano svolte in due. In

generale però si preferisce togliere il lavoro a doppie mani, sebbene questo comporti un aumento del tempo ciclo. Nel caso in esame in realtà non si ha un aumento dello standard time, ma solamente una piccola riduzione, del 3%. In termini di non valore aggiunto, è stata ottenuta una riduzione del 12%, in particolare è stato azzerato l'uso del paranco e ridotto il camminare.

Specialty T4							
NVAA TOTALE				TIPOLOGIA NVAA			
BEFORE	AFTER	Δ	%	Tipologia	BEFORE	AFTER	%
1,95	1,72	0,23	12%	Uso del Paranco	0,47	0,00	-100%
STANDARD TIME				Camminare	0,49	0,25	-48%
BEFORE	AFTER	Δ	%	Movimentazione	0,87	1,30	49%
5,01	4,83	0,18	-4%	Movimenti del corpo	0,00	0,05	100%
				Altro	0,11	0,11	-3%

5.5.4 Spaghetti Chart

Le tre Spaghetti Charts realizzate prima dell'implementazione della LCA vengono sostituite da un'unica Spaghetti Chart valida per tutti i processi analizzati. Infatti, grazie all'utilizzo del carrello, l'operatore compie sempre gli stessi passi, qualsiasi sia il serbatoio che deve montare. Il numero di passi inoltre, è stato ridotto in modo importante, perché l'operatore compie soltanto 24 passi durante l'intero processo di montaggio serbatoio.

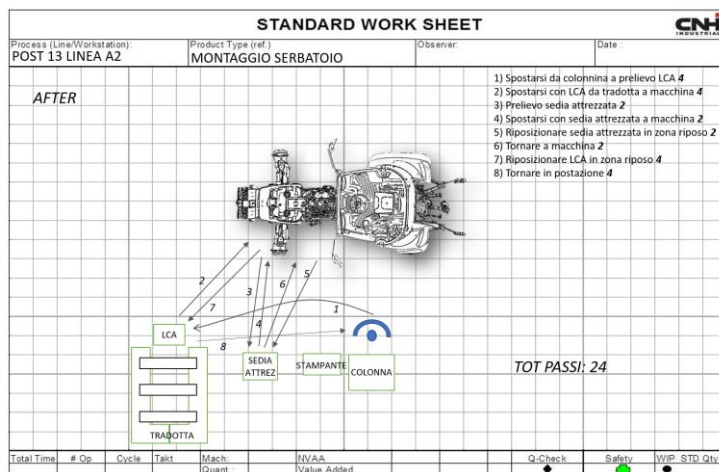


Figura 5.41 - Spaghetti Chart After

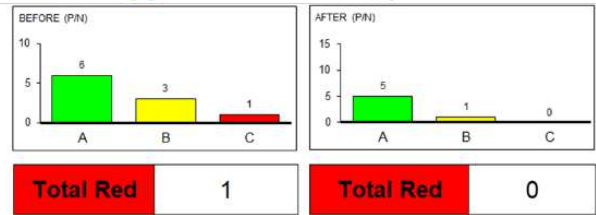
5.5.5 Strike Zone

In ultimo sono state eseguite le analisi della strike zone dopo aver implementato la soluzione di miglioramento; come è stato già sottolineato in fase Plan, la situazione prima dell'intervento era piuttosto buona relativamente alla strike zone. Infatti, per la maggior parte del tempo l'operatore lavorava in *strike point* e *strike zone*, fatta eccezione per alcune operazioni che prevedevano l'utilizzo del paranco. Avendo completamente eliminato l'uso dello stesso, è stato possibile ottenere una riduzione del 100% delle attività in *red zone*, ovvero quelle che prevedevano di lavorare, in termini di altezza, al di sopra degli occhi e al di sotto delle ginocchia. Si riportano di seguito il complessivo raffigurante i risultati ottenuti.

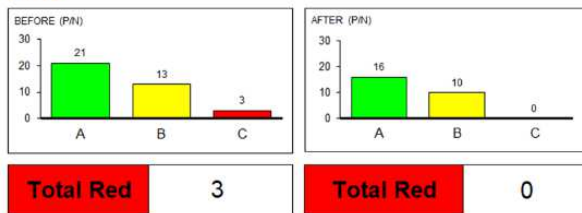
Utility



Montaggio Piastra Utility



TDS



Specialty T4

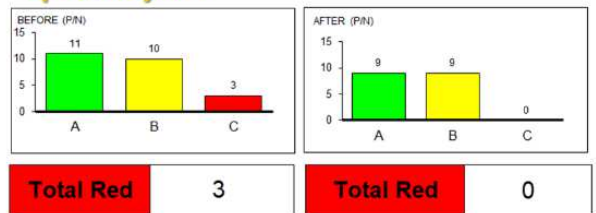


Figura 5.42 - Confronto Strike Zone Before e After

5.6 Check – Calcolo del rapporto B/C

Affinchè un progetto venga promosso e quindi implementato, è necessario che il pilastro del Cost Deployment lo approvi, ovvero deve essere verificato che porti benefici in termini economici e di produttività. Attraverso le analisi illustrate nei precedenti paragrafi, sono stati mostrati i risultati raggiunti in termini di produttività: avendo ridotto il non valore aggiunto dell'intero processo di montaggio e lo standard time, il tempo ciclo della postazione è diminuito. A questo punto sarà necessario andare a ribilanciare l'intera linea e capire se conviene ridurre il takt time o aggiungere qualche operazione in cartella nella postazione considerata.

Dal punto di vista economico il Cost Deployment ha il compito di approvare o meno il progetto e acconsentire quindi alla sua implementazione e realizzazione; per far questo, è necessario individuare e calcolare tutti i costi e i benefici del progetto in esame, con lo scopo di definire il rapporto B/C, benefici su costi.

Tra i benefici si possono inserire due voci:

- *I benefici relativi alla riduzione dello standard time.*

Avendo ridotto il tempo medio con cui le operazioni vengono eseguite, si ottiene un beneficio economico, calcolabile come segue:

$$\frac{\text{€ Beneficio}}{\text{anno}} = \text{quota oraria operaio} * \frac{\text{quantità trattori}}{\text{anno}} * \Delta_{\text{Standard time}}$$

Nel caso in esame si hanno diverse gamme di trattori, perciò è stato calcolato il beneficio per ciascuna tipologia e il valore totale è pari alla somma dei quattro contributi.

- *I benefici relativi all'eliminazione dell'uso del paranco*

Non dovendo più utilizzare il paranco, in linea teorica, esso potrebbe essere completamente rimosso dalla postazione, dato che non è necessario in nessun'altra operazione di quella postazione. Tale modifica comporta che l'azienda non deve più sostenere i costi relativi alla manutenzione del paranco.

Nella figura sottostante sono riportati tutti i dati numerici, utilizzati per il calcolo dei benefici. Il valore totale è dato dalla somma dei due contributi ed è pari a € 3465,70.

BENEFICI											
Gamma	Q budget 2019	% linea A2	Quantità A2	Std time Before	Std time After	Δ min	Saving Ore	Beneficio/Anno	Quota oraria operaio	€ 25,33	
UTILITY	6432	1	6432	3,21	2,93	-0,27	-29,48	-€ 746,73			
TD5	2147	0,57	1224	5,00	4,03	-0,97	-19,78	-€ 501,14			
SPECIALTY T4	5218	0,18	939	5,01	4,83	-0,18	-2,80	-€ 70,98			
PIASTRA UT64	301	12	3612	2,16	1,08	-1,08	-65,02	-€ 1.646,86			
Costo Manutenzione Paranco				-€ 500,00					-€ 2.965,70		-€ 3.465,70

Figura 5.43 - Calcolo dei benefici

Per il calcolo dei costi le voci da considerare sono molteplici:

- *I costi per la manodopera.*

È necessario considerare tra i costi quelli per lo studio e lo sviluppo del progetto e poi per la realizzazione in officina del prototipo fisico; infatti durante lo sviluppo del progetto vengono impiegate risorse, in termini di persone, che rappresentano un costo per l'azienda. Per calcolare queste voci di costo si deve conoscere la quantità di ore spese per lo studio e per la realizzazione e moltiplicarle per il costo orario del lavoratore.

- *I costi relativi al materiale utilizzato per la realizzazione del prototipo.*

Dovendo realizzare il prototipo internamente, è doveroso annoverare tra i costi anche quelli dei materiali e dei componenti utilizzati; nel caso in esame sono stati riutilizzati tutti componenti disponibili in azienda a costo zero, fatta eccezione per le elettrocalamite e il ferro, utilizzato per il telaio del carrello.

- *I costi relativi all'investimento per la realizzazione della Low Cost Automation.*

Dopo che il prototipo è stato approvato, l'azienda deve far realizzare ad una ditta esterna la sua replica, ovvero la Low Cost Automation che verrà poi effettivamente inserita in linea. In questo senso bisogna considerare anche il costo dell'investimento da sostenere per la riproduzione del prototipo da parte di una ditta esterna; generalmente la quota dell'investimento viene ammortizzata in 5 anni.

Nella figura sottostante sono riportati tutti i dati numerici, utilizzati per il calcolo dei costi. Il valore totale è dato dalla somma dei tre contributi ed è pari a € 1743,86.

COSTI			
Manodopera			
h realiz prototipo	12	Costo tot	303,96 €
h studio	30	Costo tot	759,90 €
Materiale			
Prototipo	(ferro e calamite)		80,00 €
Investimenti			
Realizz LCA ditta	3.000,00 €	Amm 5 anni	600,00 €
			€ 1.743,86

Figura 5.44 - Calcolo dei costi

A questo punto è possibile calcolare il rapporto benefici su costi:

$$\frac{B}{C} = \frac{3465,70}{1743,86} = 1,99$$

Generalmente insieme al B/C si definisce un altro parametro che rappresenta quanto effettivamente viene risparmiato a seguito del progetto di miglioramento realizzato:

$$€ Saving = € Benefici - (€ Costi manodopera + € Costi materiali) = € 2321,84$$

5.7 Check – Risultati ottenuti

Nel seguente paragrafo vengono illustrati tutti i risultati ottenuti dalla realizzazione della Low Cost Automation per il miglioramento del processo di montaggio serbatoio in linea A2 nel plant di Jesi.

Innanzitutto, affinché un progetto venga approvato dal Cost Deployment è necessario che il rapporto B/C sia maggiore dell'unità. Nel caso in esame è pari a 2, perciò dal punto di vista economico il progetto può essere implementato e applicato, perché porterà benefici in termini anche economici.

Con l'introduzione della Low Cost Automation per il montaggio del serbatoio, lo stesso processo è stato reso molto più standard, le operazioni hanno una durata meno variabile e grazie all'attrezzatura il tempo ciclo della postazione è pressoché costante e non subisce importanti variazioni nei due turni, in quanto è indipendente dall'operatore che svolge le operazioni.

Altri due importanti risultati ottenuti sono l'eliminazione dell'utilizzo del paranco e del lavoro a doppie mani. Il primo è un obiettivo dello step 5 di WO perché rappresenta esso stesso un ostacolo, e avendolo sostituito con una Low Cost Automation sono stati rimossi tutti i vincoli spaziali che caratterizzavano la postazione; infatti, in tal modo, se ci fosse la necessità di spostare l'operazione di montaggio serbatoio e piastra in un'altra postazione, non ci sarebbero problemi poiché la LCA non ha vincoli e può essere utilizzata ovunque. L'eliminazione del lavoro a doppie mani invece implica una maggiore autonomia dell'operatore della postazione, il quale non deve più attendere che l'operatore della postazione successiva sia libero e venga ad aiutarlo, cosa che comporta anche una riduzione del non valore aggiunto dell'intero processo e quindi un aumento della produttività.

Inoltre, è interessante valutare anche tutti quei risultati raggiunti che sono meno quantificabili, specialmente nel breve termine, perché non rappresentano un guadagno e un risparmio economico immediato o un aumento repentino della produttività. La Low Cost Automation sviluppata e realizzata è un'attrezzatura modulabile, che può essere modificata facilmente; nel caso in cui venisse lanciato un nuovo modello di trattore in linea A2, sarebbe possibile modificare il sistema di presa del carrello e, se necessario,

variare anche la corsa del cilindro, per poterlo utilizzare anche per il nuovo serbatoio. Questo aspetto è piuttosto importante perché evita che gli strumenti e le attrezzature appositamente progettate per determinate gamme di trattori non vengano più utilizzati e vengano buttati quando viene inserito in produzione un nuovo modello.

Infine, un altro importante risultato ottenuto è relativo all'obiettivo generale di questo elaborato e del tirocinio svolto in azienda, ovvero riuscire ad ingegnerizzare lo sviluppo delle Low Cost Automation, attraverso la prototipazione e le simulazioni virtuali. Infatti, questo tipo di lavoro è sempre stato fatto in maniera empirica: il WO Specialist, dopo un'opportuna raccolta dati e un'analisi preliminare della postazione e del processo, iniziava a realizzare in officina un prototipo, che fin da subito provava in linea per capire cosa e come modificare. Andando a sviluppare dapprima il modello CAD e alcune simulazioni delle varie operazioni è stato possibile ridurre notevolmente il lavoro del WO Specialist in officina, e quindi le modifiche del carrello. Avendo inoltre realizzato il modello CAD internamente, la fase di progettazione non è più a carico della ditta che poi realizzerà il carrello, in modo tale da ridurre sia i tempi di produzione che i costi.

6 Conclusioni

L'industria metalmeccanica, e in particolare la realtà del gruppo CNHi, è piuttosto complessa a causa della varietà dei prodotti venduti e dei processi realizzati. L'obiettivo principale resta sempre quello di soddisfare il cliente, cercando comunque di massimizzare l'efficienza e la produttività dei processi, eliminando quindi sprechi e perdite.

Il World Class Manufacturing, sistema introdotto dall'ex CEO del gruppo, Sergio Marchionne, come tutte le altre filosofie *lean*, fornisce una guida per raggiungere gli obiettivi aziendali e ottenere i risultati desiderati minimizzando perdite e difetti. Il WCM aiuta a definire degli standard e delle metodologie utili per rendere più oggettivo possibile il sistema di produzione di tutti gli stabilimenti. Infatti, avendo 66 plant, dislocati in quasi tutto il mondo, è indispensabile che ci siano dei riferimenti tra le diverse zone, anche soltanto per rendere possibile un confronto coerente.

Il WCM è una metodologia orientata al miglioramento continuo: si cerca continuamente di innovare e di efficientare i processi produttivi, e punta in modo importante sul capitale umano; riuscire a coinvolgere tutto il personale fa sì che ciascun lavoratore si senta parte di un team e sia fortemente più motivato al perseguimento degli obiettivi dell'azienda.

L'elaborato ha analizzato l'operato del pilastro di Workplace Organization, che gestisce le zone *labour intensive* con l'obiettivo di ridurre le perdite e migliorare le condizioni di lavoro degli operatori, garantendo loro la massima sicurezza. Nello specifico, con la collaborazione di un team, è stato seguito un progetto di miglioramento, focalizzato su

un'unica postazione della linea di assemblaggio trattori, relativo al processo di montaggio serbatoio, attraverso l'implementazione di una Low Cost Automation. L'obiettivo del progetto, oltre naturalmente alla realizzazione della LCA, era quello di riuscire a rendere il processo di sviluppo dell'attrezzatura stessa più ingegneristico, considerato che il metodo utilizzato per seguire questo genere di progetto è sempre stato piuttosto empirico e pratico. Attraverso la modellazione CAD e la prototipazione virtuale, con l'ausilio di software *multi-body* per l'analisi dinamica del meccanismo, è stato possibile ridurre i tempi e i costi della fase di prototipazione fisica e ottenere un'attrezzatura sicuramente ottimizzata per il processo considerato.

Il progetto è stato portato avanti seguendo esattamente la metodologia WCM e sulla base del ciclo di Deming (*Plan – Do – Check – Act*), introducendo l'utilizzo di strumenti software per la prototipazione virtuale e la simulazione dinamica, in modo da rendere più robusto e ingegneristico lo sviluppo del progetto di miglioramento. Inoltre, durante tutte le fasi del lavoro, si è collaborato con gli operatori e i capisquadra della linea, con lo scopo di renderli partecipi al progetto considerando fondamentali i loro suggerimenti e le loro opinioni.

7 Bibliografia & sitografia

- Giuseppe Bonazzi, “Storia del pensiero organizzativo”, 1989.
- James P. Womack, Daniel T. Jones. “Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation”, Gennaio 1996.
- AA.VV., “WCM – An Introduction”, Versione 3.0, luglio 2016.
- AA.VV., “WCM – Application & Achievements”, Versione 3.0, luglio 2016.
- A. Carlucci, A. Cosmo, N. Accettura, A. Lindner, “Workplace Organization Book of Knowledge - Step 0”, Versione 1.1, ottobre 2014.
- A. Carlucci, A. Cosmo, N. Accettura, A. Lindner, “Workplace Organization Book of Knowledge - Step 1”, Versione 1.1, settembre 2014.
- A. Carlucci, A. Cosmo, N. Accettura, A. Lindner, “Workplace Organization Book of Knowledge - Step 2”, Versione 2.0, gennaio 2016.
- A. Carlucci, A. Cosmo, N. Accettura, A. Lindner, “Workplace Organization Book of Knowledge - Step 3”, Versione 1.4, giugno 2016.
- A. Carlucci, “Workplace Organization Book of Knowledge - Step 4”, Versione 2.0, giugno 2016.
- A. Carlucci, A. Lindner, “Workplace Organization Book of Knowledge - Step 5”, Versione 1.1, luglio 2014.

- <http://cnhindustrial.com/it-it/Pages/homepage.aspx>
- <http://agriculture1.newholland.com/eu/it-it>
- <https://www.fcagroup.com/it-it/pages/home.aspx>
- <https://www.steyr-traktoren.com/it-it/agricoltura>
- <https://www.caseih.com/emea/it-it/prodotti/tractors>
- <http://www.storiain.net/storia/lingegner-taylor-inventore-delluomo-macchina/>
- <https://www.ford.it/mondo-ford/storia-henry-ford>
- <https://www.teamsystem.com/store/blog/gestione-studio/organizzazione-lean-le-origini/>
- <https://toyota-forklifts.it/perche-toyota/su-di-noi/toyota-production-system/>

- <https://sdlcpartners.com/insight/know-your-enemy/>
- <http://www.data-storage.it/download/2017/World%20Class%20Manufacturing.pdf>
- https://www.arpae.it/dettaglio_generale.asp?id=243&idlivello=507
- <https://www.ionos.it/startupguide/produttivita/pdca/>