



**UNIMORE**

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

**Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia**

**Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria**

**Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale**

**Anno Accademico 2025/2026**

**DALLA MANUTENZIONE A GUASTO**

**ALLA MANUTENZIONE PIANIFICATA:**

**IL CASO CNH Industrial Italia S.p.a.**

**Relatore:**

**Prof.ore Francesco Lolli**

**Laureando:**

**Christian Pederzoli**

## Sommario

<b><i>Introduzione</i></b> .....	<b>5</b>
<b><i>Capitolo 1: Il World Class Manufacturing (WCM)</i></b> .....	<b>8</b>
<b>1.1 Il World Class Manufacturing: definizione e sua implementazione</b> .....	<b>8</b>
1.1.1 La metodologia delle 5S.....	10
1.1.2 La metodologia SMED.....	14
1.1.3 A3 Problem Solving .....	16
<b>1.2 Principi e pilastri del World Class Manufacturing (WCM)</b> .....	<b>22</b>
<b>1.3 La strategia alla base del WCM</b> .....	<b>27</b>
<b>1.4 Gli ostacoli nell'implementazione del WCM</b> .....	<b>30</b>
<b>1.5 Vantaggi e Svantaggi del WCM</b> .....	<b>35</b>
<b><i>Capitolo 2: La Manutenzione industriale</i></b> .....	<b>36</b>
<b>2.1 La Manutenzione industriale</b> .....	<b>36</b>
2.1.1 Obiettivi della Manutenzione Industriale .....	37
<b>2.2 Tipologie di Manutenzione Industriale</b> .....	<b>38</b>
2.2.1 La Manutenzione Ordinaria.....	39
2.2.2 La Manutenzione Straordinaria .....	40
2.2.3 La Manutenzione Proattiva.....	41
2.2.4 La Manutenzione Reattiva.....	42
2.2.5 La Manutenzione Autonoma .....	43
2.2.6 La Manutenzione Periodica .....	44
2.2.7 La Manutenzione Ciclica.....	44
2.2.8 La Manutenzione basata sulle condizioni dei macchinari .....	44
2.2.9 La Manutenzione Predittiva .....	47
2.2.10 La Manutenzione Correttiva.....	47
2.2.11 La Manutenzione Migliorativa .....	49
2.2.12 La Manutenzione basata sull'effettivo utilizzo dei componenti.....	50
<b>2.3 Vantaggi e svantaggi della Manutenzione Industriale</b> .....	<b>50</b>
<b>2.4 Scelta della tipologia di manutenzione corretta</b> .....	<b>56</b>
<b><i>Capitolo 3: La Manutenzione Professionale PM Pianificata e La Manutenzione 4.0</i></b> .....	<b>58</b>
<b>3.1 La Manutenzione Professionale PM Pianificata</b> .....	<b>58</b>
<b>3.2 Strategie per la pianificazione della manutenzione</b> .....	<b>58</b>
<b>3.3 La gestione dei ricambi e del box della manutenzione</b> .....	<b>61</b>

3.3.1 La gestione dei ricambi .....	61
3.3.2 La gestione del box della manutenzione .....	63
<b>3.4 Processo di pianificazione di un piano di manutenzione professionale PM programmata .....</b>	<b>65</b>
3.4.1 Fase 1: Creare un elenco delle risorse .....	66
3.4.2 Fase 2: Individuazione delle risorse da inserire nel piano manutentivo.....	81
3.4.3 Fase 3: Identificare le attività di manutenzione preventiva .....	83
3.4.4 Fase 4: Determinare la frequenza degli interventi.....	84
3.4.5 Fase 5: Creare il piano della manutenzione.....	85
3.4.6 Fase 6: Preparare il team della manutenzione .....	86
3.4.7 Fase 7: Monitorare e modificare il piano manutentivo .....	89
<b>3.5 Vantaggi e svantaggi della manutenzione professionale PM programmata..</b>	<b>90</b>
<b>3.6 La Manutenzione 4.0.....</b>	<b>91</b>
3.6.1 Implementazione e vantaggi di un piano di Manutenzione 4.0.....	94
3.6.2 Sistemi IoT e Intelligenza Artificiale nell'Industria 4.0.....	95
<b><i>Capitolo 4: Caso Studio.....</i></b>	<b>99</b>
<b>4.1 La manutenzione pianificata in CNH Industrial Italia S.p.A. ....</b>	<b>99</b>
<b>4.2 CNH Industrial Italia S.p.A. Modena Plant .....</b>	<b>100</b>
<b>4.3 KPI Dashboard della manutenzione.....</b>	<b>105</b>
4.3.1 Ore guasto giornalieri totali Machining MBU1 e Assembly MBU3.....	106
4.3.2 Ore guasto totali per macchina .....	108
4.3.3 Ore guasto totali per mese .....	109
4.3.4 Media macchine ferme per mese .....	110
4.3.5 Leakage Map .....	111
4.3.6 Machines Status Day Morning .....	113
<b>4.4 PM Calendar.....</b>	<b>115</b>
<b>4.5 Software gestionale TEROTECH.....</b>	<b>118</b>
4.5.1 Software gestionale TEROTECH: Attività di training.....	132
4.5.2 Software gestionale TEROTECH: Attività di assistenza e supporto .....	132
<b>4.6 CAR (Capital Appropriation Request) .....</b>	<b>133</b>
4.6.1 Definizione .....	133
4.6.2 Le CAR nell'ambito della Manutenzione Professionale PM in CNH Industrial Italia S.p.A.....	134
<b><i>Conclusioni.....</i></b>	<b>147</b>
<b><i>Bibliografia.....</i></b>	<b>150</b>



## Introduzione

Nel contesto industriale attuale, caratterizzato da elevata competitività, crescente complessità tecnologica e forte pressione sui costi, le aziende manifatturiere sono chiamate a perseguire livelli sempre più elevati di efficienza operativa, affidabilità degli impianti e qualità del prodotto. In questo scenario, la manutenzione industriale non rappresenta più una semplice funzione di supporto alla produzione, ma assume un ruolo strategico determinante per il raggiungimento degli obiettivi aziendali di performance, continuità produttiva e sostenibilità economica.

L'esperienza di tirocinio svolta durante il percorso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale ha rappresentato il punto di partenza della presente tesi. Essa ha consentito di osservare direttamente le dinamiche operative legate alla gestione della manutenzione in un contesto produttivo reale, mettendo in evidenza come l'organizzazione degli interventi, l'analisi dei guasti, il monitoraggio degli indicatori di performance e il coinvolgimento del personale operativo siano elementi strettamente interconnessi e fondamentali per il miglioramento dell'efficienza complessiva degli impianti.

Nel corso del tirocinio è emerso con chiarezza come la gestione della manutenzione influenzi in maniera significativa parametri chiave quali l'OEE (Overall Equipment Effectiveness), i tempi di fermo macchina, la qualità del prodotto e il rispetto delle scadenze produttive. In particolare, la presenza di interventi non pianificati e guasti ricorrenti genera effetti a cascata sull'intero sistema produttivo, comportando perdite economiche, pressione organizzativa e difficoltà nella programmazione delle attività. Al contrario, un approccio strutturato e proattivo alla manutenzione consente di ridurre l'incertezza, migliorare la stabilità dei processi e ottimizzare l'impiego delle risorse.

L'evoluzione storica della manutenzione industriale evidenzia il passaggio da una logica puramente reattiva – basata sull'intervento a guasto – a strategie sempre più evolute, quali la manutenzione preventiva, la

manutenzione basata sulle condizioni (CBM) e la manutenzione predittiva. L'integrazione di tecnologie digitali, sistemi di monitoraggio in tempo reale e software di gestione della manutenzione (CMMS) ha reso possibile un controllo più accurato delle prestazioni degli impianti, favorendo il passaggio da una gestione emergenziale a una pianificazione basata sui dati.

Tuttavia, la sola introduzione di strumenti tecnologici non è sufficiente a garantire risultati duraturi. È necessario inserire la gestione della manutenzione all'interno di un modello organizzativo strutturato e orientato al miglioramento continuo. In questo contesto si colloca il paradigma del World Class Manufacturing (WCM), che costituisce il riferimento teorico della presente tesi. Il WCM si fonda sul perseguimento del concetto di "zero" – zero guasti, zero difetti, zero sprechi, zero incidenti – attraverso un sistema integrato di pilastri tecnici e manageriali, strumenti operativi e una cultura aziendale basata sul coinvolgimento attivo delle persone e sull'analisi oggettiva dei dati.

Durante l'attività di tirocinio è stato possibile osservare l'applicazione concreta di alcuni strumenti tipici del WCM, quali le 5S, lo SMED e l'A3 Problem Solving, utilizzati per migliorare l'organizzazione del posto di lavoro, ridurre i tempi improduttivi e analizzare in maniera strutturata le cause radice dei problemi. L'attenzione alla standardizzazione, alla gestione visiva e alla responsabilizzazione degli operatori si è dimostrata un elemento chiave per la stabilizzazione dei processi e la riduzione delle perdite croniche.

La parte centrale dell'elaborato è dedicata al caso studio sviluppato durante il tirocinio, nel quale vengono analizzate le attività svolte, le criticità individuate e le soluzioni implementate nell'ambito della gestione della manutenzione e del miglioramento delle performance produttive. Attraverso l'analisi dei dati raccolti, degli indicatori di prestazione e degli interventi realizzati, il caso studio consente di evidenziare in modo concreto come l'integrazione tra principi del World Class Manufacturing e strategie manutentive evolute possa generare benefici tangibili in termini

di riduzione dei fermi macchina, incremento dell'affidabilità e ottimizzazione dei costi.

L'elaborato si articola quindi in una prima parte teorica, dedicata all'analisi del modello WCM, dei suoi pilastri e delle principali metodologie di supporto al miglioramento continuo, e in una seconda parte focalizzata sulla manutenzione industriale, sulle sue tipologie e sulle relative implicazioni tecniche ed economiche. La parte finale è dedicata all'approfondimento del caso aziendale, con l'obiettivo di collegare in maniera sistemica i concetti teorici alle dinamiche operative osservate durante il tirocinio.

L'obiettivo della tesi è dimostrare come la manutenzione, se gestita secondo un approccio strutturato e integrata all'interno di un sistema di World Class Manufacturing, possa trasformarsi da centro di costo a leva strategica per la competitività aziendale. L'esperienza di tirocinio ha rappresentato non solo il contesto applicativo dell'analisi, ma anche l'elemento che ha permesso di interpretare i modelli teorici alla luce di problematiche reali, fornendo una visione concreta e ingegneristica dei processi di miglioramento industriale.

# Capitolo 1: Il World Class Manufacturing (WCM)

## 1.1 Il World Class Manufacturing: definizione e sua implementazione

Il World Class Manufacturing (WCM) è una filosofia aziendale basata sulla creazione di valore per il cliente mediante l'adozione, in ambito produttivo, di una logica pull, ossia la creazione di un flusso continuo e trainato dalle esigenze del cliente con:

- riduzione dei Lead Time
- eliminazione degli sprechi
- miglioramento della qualità [1]

Si tratta di un modello integrato di gestione e miglioramento continuo, che prende spunto dall'evoluzione delle migliori pratiche produttive internazionali, come ad esempio la Scuola Giapponese con il Toyota Production System, per poi essersi evoluto in un quadro più ampio e strutturato.

Al centro del WCM vi è il concetto di “zero” ossia zero sprechi, zero difetti, zero incidenti, zero guasti e zero insoddisfazione del cliente.

Per rendere efficace e duraturo nel tempo i miglioramenti conseguiti e per raggiungere il concetto di “zero” bisogna puntare sulla standardizzazione e sul coinvolgimento del cliente e delle persone in azienda, dagli operatori al CEO, facendo in modo che ognuno si senta parte integrante e responsabile del cambiamento.

L'implementazione di un progetto WCM segue un percorso rigido e preciso strutturato in 3 fasi ben definite, ognuna delle quali ha obiettivi chiari e strumenti specifici, quali:

1. *Cost Deployment*: scomposizione analitica dei costi aziendali per identificare le perdite più rilevanti (scarti, fermi macchina, rilavorazioni, consumo energetico, attese e scorte eccedenti). Questa analisi guida le priorità e individua le aree su cui si devono

concentrare gli sforzi fornendo un dettaglio dei costi lungo i livelli della struttura organizzativa della produzione (manufacturing) fino ad arrivare alla singola operazione, passando per le varie Unità Operative, Unità Tecnologiche e i vari Centri di Lavoro.

Si tratta di un cammino strutturato in sette passi principali a cui vengono associati specifici strumenti al fine di:

- comprendere le relazioni tra i fattori di costo, i fattori di processo che li genera e i vari tipi di sprechi e perdite
- trovare la connessione tra riduzione degli sprechi e riduzione delle perdite e la corrispondente riduzione di costo
- quantificare i benefici economici potenziali e i benefici economici attesi
- prioritizzare i piani di miglioramento in base ad un'oggettiva analisi costi benefici [4]

2. *Steering Committee*: è il comitato guida del progetto, composto da figure di responsabilità trasversale: direzione, capi reparto, tecnici e risorse umane

3. *Definizione del Master Plan*: Piano dove vengono definite le tempistiche, i ruoli, i KPI e le milestone. Il coinvolgimento del personale operativo avviene sin da subito, dove ogni cantiere WCM parte con eventi formativi e attività di miglioramento sul campo, come workshop, 5S, SMED o A3 Problem Solving che verranno mostrati e illustrati nella sezione seguente

Uno degli aspetti più efficaci del WCM è il coinvolgimento attivo e sistematico delle persone.

Ogni livello aziendale ha un ruolo:

- gli operatori vengono formati per condurre autonomamente attività di manutenzione e miglioramento
- i tecnici si concentrano sull'analisi delle perdite croniche ossia i FI (Focus Improvement)
- I manager monitorano l'andamento tramite dashboard visive e riunioni strutturate

Nel medio periodo, un progetto WCM ben impostato produce risultati concreti come ad esempio:

- l'aumento dell'efficienza degli impianti (OEE)
- la riduzione degli scarti
- il recupero di produttività
- il miglioramento del clima interno
- la riduzione dei costi energetici e logistici
- la costruzione di una cultura organizzativa solida e orientata alla performance

### 1.1.1 La metodologia delle 5S

La metodologia delle 5S è uno dei pilastri fondamentali della strategia Lean Kaizen. È uno strumento estremamente versatile e può essere applicato a qualsiasi ambiente lavorativo, sia fisico che digitale.

L'obiettivo principale è quello di ridurre il tempo di ricerca e facilitare l'accesso ai materiali e alle informazioni necessarie, con diversi vantaggi:

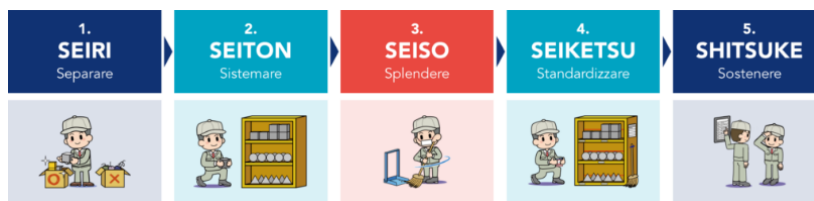
- Aumentare l'efficienza e la produttività
- Ridurre lo spazio necessario per eseguire lavori e immagazzinare articoli
- Migliorare la qualità
- Accrescere la motivazione e il coinvolgimento dei collaboratori
- Migliorare la sicurezza e l'ergonomia

Il termine “5S” fu reso popolare dal manager giapponese Hiroyuki Hirano, esperto nella filosofia JIT (Just In Time), nel suo libro “5 Pillars of the Visual Workplace” pubblicato nel 1995.

Deriva da cinque parole giapponesi, illustrate in Figura 1, dove ogni parola rappresenta un passaggio per riuscire a realizzare ed organizzare in maniera impeccabile il luogo in cui si lavora.

Le 5 parole sono le seguenti:

1. “*seiri*” (separare)
2. “*seiton*” (sistemare)
3. “*seiso*” (splendere)
4. “*seiketsu*” (standardizzare)
5. “*shitsuke*” (sostenere)



**Figura 1: Le "5S" [5]**

Risulta essere utilissima la sua applicazione in piccoli spazi, come nelle varie postazioni in produzione, una scrivania o un computer personale; ed essenziale in spazi più ampi, come ad esempio nelle linee di produzione, nei magazzini o negli uffici open-space. In tutti questi scenari, la sequenza delle fasi, precedentemente elencate, per migliorare l'organizzazione risulta essere la stessa:

- **Separare (Seiri):** questa fase consiste nel distinguere e separare ciò che è necessario e ciò che non lo è per le attività lavorative quotidiane con l'obiettivo di eliminare il superfluo. Si usano delle etichette rosse per segnalare i problemi che non possono essere risolti immediatamente

- **Sistemare (Seiton):** è la fase dedicata all'organizzazione dello spazio di lavoro, che segue il principio "un posto per ogni cosa e ogni cosa al suo posto". Consiste nel decidere dove collocare gli oggetti, considerando vari fattori come:
  - la frequenza d'uso
  - il peso
  - la dimensione
  - la quantità necessaria

Un'organizzazione efficiente riduce il tempo speso nella ricerca di strumenti o documenti, oltre a prevenire incidenti.

- **Splendere (Seiso):** questa fase riguarda la manutenzione delle attrezzature oltre alla pulizia vera e propria. Deve essere considerata come un'opportunità per identificare eventuali problemi operativi mediante l'uso di etichette rosse, in modo che possano essere risolti. Il principio di questa fase è "pulire significa ispezionare"
- **Standardizzare (Seiketsu):** è la fase che serve per stabilire delle regole chiare, in modo da mantenere gli standard raggiunti con le precedenti 3 fasi. Si usano i principi della gestione visiva per l'organizzazione, quali:
  - codici di colori
  - simboli per facilitare l'identificazione
  - regole per la manutenzione
  - l'uso di materiali e attrezzature

La standardizzazione è cruciale per garantire la sostenibilità delle pratiche di organizzazione e la pulizia sul luogo di lavoro.

- **Sostenere (Shitsuke):** L'ultima fase garantisce che la metodologia 5S venga integrata nella cultura organizzativa, promuovendo il rispetto continuo delle norme stabilite. Tutto questo è possibile raggiungerlo attraverso lo svolgimento di audit regolari, come ad

esempio il Kamishibai che è un metodo visivo e semplice di audit, mantenendo l'impegno verso il miglioramento continuo

L'adozione delle 5S risulta essere un passo fondamentale per qualsiasi organizzazione che punti all'eccellenza operativa. Tuttavia, implementare e, soprattutto, sostenere questi principi comporta il superamento di numerose sfide.

Fondamentale risulta essere una buona preparazione per il successo dell'implementazione della filosofia delle 5S. Durante la fase "Separare", ad esempio, vengono spesso identificati molti materiali e molte attrezzature come non necessarie; la loro gestione è fondamentale, che consiste nella loro rimozione e nel loro smaltimento o riciclaggio in modo appropriato. Questo richiede una pianificazione per garantire che ci siano risorse per gestire l'eccesso in modo responsabile e sostenibile.

Nella fase "Splendere", è importante disporre degli utensili utili per la pulizia e, se necessario, coinvolgere fin dall'inizio il team di manutenzione per comunicare e affrontare eventuali anomalie rilevate.

Quando si arriva alla fase "Standardizzare", la preparazione deve includere la disponibilità di materiali come nastri adesivi colorati, etichette e stampanti per creare standard visivi che facilitino l'identificazione e il mantenimento dell'organizzazione sul lungo periodo.

Durante l'implementazione delle 5S si possono incontrare diversi ostacoli, tra cui:

- la resistenza al cambiamento da parte dei collaboratori
- una scarsa comprensione del vero scopo delle 5S
- difficoltà nel mantenere i nuovi standard

Identificare questi ostacoli e sviluppare strategie per superarli è essenziale per una corretta ed efficace implementazione della filosofia delle 5S, ed è un compito che i leader dei vari team di lavoro devono riuscire a gestire al massimo delle loro possibilità e capacità. [5]

### 1.1.2 La metodologia SMED

Il Single-Minute Exchange of Die (SMED) è una metodologia chiave nel World Class Manufacturing (WCM) che si concentra sulla riduzione del tempo di cambio tra produzioni differenti o attività di manutenzione. Questa metodologia è stata sviluppata da Shigeo Shingo, un ingegnere e consulente giapponese, dove essi ha dimostrato che questa metodologia risulta essere molto efficace nel portare un miglioramento dell'efficienza operativa e a ridurre i costi associati ai cambi di produzione.

Lo scopo principale dello SMED è ridurre il tempo di cambio di produzione da livelli significativi fino ad “un solo minuto” o a tempi il più vicino possibile a questo obiettivo.

Tale obiettivo può essere raggiunto mediante l'identificazione e l'eliminazione di attività non essenziali o ridondanti durante il processo di cambio, consentendo una transizione più rapida e senza intoppi tra le varie fasi della produzione; questo processo è strutturato su più fasi, quali:

#### 1. **Analisi del processo di cambio:**

- Identificazione delle attività che possono essere eseguite esternamente al tempo di produzione
- Separazione delle attività interne (eseguite durante il cambio) e delle attività esterne (eseguite al di fuori del tempo di cambio)

#### 2. **Conversione di attività interne in esterne:**

- Spostamento delle attività che possono essere eseguite esternamente, riducendo così il tempo totale di cambio

#### 3. **Standardizzazione delle nuove procedure:**

- Creazione di nuovi standard per le attività di cambio
- Documentazione dettagliata delle procedure standard per garantire una ripetibilità efficiente

#### 4. **Miglioramento continuo:**

- Identificazione costante di opportunità di miglioramento
- Coinvolgimento degli operatori nella ricerca di soluzioni più efficienti

I principali vantaggi che comporta l'implementazione dello SMED nel WCM sono:

- **Riduzione dei tempi di inattività:** riduzione dei tempi di cambio, consentendo una maggiore disponibilità della produzione e riducendo gli sprechi associati ai tempi morti
- **Aumento della flessibilità:** la transizione rapida tra le varie fasi della produzione consente una maggiore flessibilità per rispondere alle numerose variazioni nella domanda del mercato
- **Riduzione dei costi:** la riduzione dei tempi di cambio si traduce in una maggiore efficienza operativa e in una riduzione dei costi ad esso associati
- **Miglioramento della qualità:** la standardizzazione delle procedure di cambio riduce il rischio di errori durante la transizione tra le varie fasi della produzione
- **Coinvolgimento degli operatori:** coinvolgimento fin da subito degli operatori nel processo di miglioramento continuo, promuovendo una cultura di partecipazione e responsabilità

In conclusione, l'implementazione dello SMED nel contesto del World Class Manufacturing (WCM) rappresenta un passo cruciale verso l'efficienza operativa e la competitività sul mercato.

Infatti, questa metodologia non solo riduce i tempi di cambio, ma promuove anche una cultura focalizzata al miglioramento continuo che è fondamentale per il successo a lungo termine delle organizzazioni manifatturiere. [6]

### 1.1.3 A3 Problem Solving

A3 Problem Solving è un approccio strutturato e sistematico alla risoluzione dei problemi che utilizza, per rappresentare visivamente il processo, un documento di una pagina chiamato “rapporto A3”.

Il rapporto A3 fornisce una panoramica del problema, un'analisi dei dati, delle cause profonde, delle soluzioni e dei risultati in modo chiaro e conciso. Questo approccio è stato creato nell'ambito della Lean Production e si basa sui principi del miglioramento continuo e della gestione visiva.

È stato sviluppato dalla Toyota Motor Corporation ed è stato utilizzato per la prima volta nella produzione di automobili. Il termine "A3" si riferisce alla dimensione dell'articolo utilizzato per creare il rapporto, che è uno standard ISO noto come "A3".

L'obiettivo dell'implementazione di questa metodologia è il fornire una rappresentazione visiva del processo di risoluzione dei problemi, così da fare in modo che tutti i membri dell'organizzazione possano facilmente comprenderlo e dividerlo.

I principi chiave dell' *"A3 Problem Solving"* sono:

- Definire il problema in modo chiaro e conciso
- Raccogliere e analizzare dati per acquisire una comprensione profonda del problema
- Identificare le cause profonde del problema
- Sviluppare e implementare soluzioni efficaci
- Valutare i risultati e migliorare continuamente

Questi principi costituiscono la base della metodologia *"A3 Problem Solving"* e sono pensati per aiutare le organizzazioni a migliorare continuamente e raggiungere i propri obiettivi.

## **Definire il problema in modo chiaro e conciso**

Un problema può essere definito utilizzando una varietà di tecniche, tra cui:

- Brainstorming
- Analisi delle cause radice
- Mappatura dei processi
- Diagrammi di Ishikawa

Ognuna di queste tecniche ha i propri vantaggi e svantaggi e può essere utilizzata in una varietà di situazioni a seconda della natura del problema.

Oltre a queste tecniche risulta essere necessario seguire le migliori pratiche quando si definisce un problema utilizzando questa metodologia; tra queste migliori pratiche ci sono:

- *Definire la questione in modo specifico e quantificabile:* È fondamentale essere specifici e concisi nella definizione del problema, così come quantificarne il problema in termini di impatto. Questo aiuterà a garantire che tutti gli stakeholder comprendano il problema e che la raccolta dei dati sia focalizzata sulle aree giuste
- *Concentrarsi sulla causa principale del problema:* La metodologia “A3 Problem Solving” è pensata per aiutare le organizzazioni a identificare e affrontare la causa principale di un problema, piuttosto che solo i sintomi. Le organizzazioni possono garantire che le loro soluzioni siano efficaci e durature concentrandosi sulla causa principale del problema
- *Accertarsi che tutti gli stakeholder siano d'accordo sulla definizione del problema:* Tutti gli stakeholder devono concordare sulla definizione del problema affinché il processo di “A3 Problem Solving” sia efficace. Questo garantisce che tutti lavorino verso lo stesso obiettivo e che le soluzioni sviluppate siano rilevanti e appropriate

- *Considerare l'impatto del problema sull'organizzazione e sui suoi stakeholder:* È fondamentale considerare l'impatto del problema sull'organizzazione e sui suoi stakeholder quando lo si individua e lo si definisce. Questo aiuterà a garantire che i dati appropriati vengano raccolti e che le soluzioni sviluppate siano rilevanti e appropriate

### **Raccogliere e analizzare dati per acquisire una comprensione profonda del problema**

Consiste nel raccogliere informazioni pertinenti sul problema, come dati sulla sua origine, impatto e fattori correlati. Queste informazioni vengono poi utilizzate per aiutare a identificare le cause profonde e sviluppare soluzioni efficaci.

Uno dei vantaggi più importanti della raccolta dati è che permette alle organizzazioni di identificare schemi e tendenze, il che può essere utile per determinare la causa principale del problema. Queste informazioni possono poi essere utilizzate per creare soluzioni efficaci che affrontino la causa principale del problema piuttosto che solo i sintomi.

Esistono diversi metodi di raccolta dati, dove i più importanti sono:

- Indagini
- Interviste
- Osservazioni
- Diagrammi di processo

La scelta di utilizzare un metodo di raccolta dati rispetto ad un altro è determinata dal tipo di problema da risolvere e dal tipo di dati richiesti.

I dati una volta raccolti, devono essere analizzati e visualizzati per ottenere informazioni sul problema; questo processo può essere facilitato dai seguenti strumenti:

- Fogli di lavoro Excel

- Mappe mentali
- Diagrammi di flusso
- Diagrammi di Pareto
- Istogrammi
- Diagrammi a dispersione
- Diagrammi di controllo

Questi strumenti possono:

- aiutare a organizzare i dati e renderli più facili da comprendere
- rappresentare visivamente i dati con grafici e tabelle;
- comunicare i risultati ai membri esterni all'organizzazione

### **Identificare le cause profonde del problema**

Questo processo può aiutare le organizzazioni a capire perché si verifica un problema e cosa si può fare per evitare che si ripeta in futuro. L'obiettivo dell'analisi delle cause radici è identificare la causa principale che ha generato il problema piuttosto che solo i suoi sintomi, permettendo così di affrontarlo in modo più efficace.

Esistono diverse tecniche per determinare le cause profonde di un problema, tra cui:

- Brainstorming
- Diagrammi di Ishiwaka
- I 5 Perché
- Analisi dell'albero delle cause radici

Oltre a queste tecniche risulta essere necessario seguire le migliori pratiche quando si conduce un'analisi delle cause radice in “*A3 Problem Solving*”, quali:

- Assicurarsi che tutti gli stakeholder partecipino al processo di analisi delle cause radici
- Concentrarsi sul capire quale sia la causa principale del problema piuttosto che solo i suoi sintomi
- Considerare tutte le cause principali potenziali, non solo quelle più ovvie
- Utilizzare un approccio sistematico, come i 5 perché o l'analisi dell'albero delle cause radici

### **Sviluppare e implementare soluzioni efficaci**

Lo sviluppare e implementare soluzioni efficaci comporta la generazione di idee e opzioni per affrontare il problema, seguita dalla selezione della soluzione migliore.

L'obiettivo è sviluppare una soluzione che affronti la causa principale del problema e ne eviti la sua ricomparsa.

Esistono diverse tecniche che possono essere utilizzate per sviluppare soluzioni nella metodologia “*A3 Problem Solving*”, tra cui:

- Brainstorming
- Scrittura cerebrale
- Matrice di soluzione
- Voto multiplo
- Analisi del campo di forza

Oltre a queste tecniche risulta essere necessario seguire le migliori pratiche nello sviluppo di soluzioni in “*A3 Problem Solving*”:

- Partecipare al processo di sviluppo della soluzione insieme a tutti gli stakeholder

- Assicurarsi che la soluzione affronti la causa principale che ha generato il problema
- Assicurarsi che la soluzione sia fattibile e realizzabile
- Considerare l'impatto della soluzione sull'organizzazione e sui suoi stakeholder

Le organizzazioni possono garantire che le soluzioni sviluppate siano efficaci e sostenibili aderendo a queste migliori pratiche. Questo aiuterà a garantire che il problema venga affrontato in modo efficace e che non si ripresenti.

### **Valutare i risultati e migliorare continuamente**

Questa è la fase in cui le soluzioni identificate e sviluppate vengono messe in atto per affrontare il problema. L'obiettivo è quello di garantire che le soluzioni siano efficaci, efficienti e durature.

Le soluzioni dell'“*A3 Problem Solving*” per la risoluzione dei problemi possono essere implementate utilizzando una varietà di tecniche, tra cui:

- Sperimentare la soluzione su piccola scala prima di ampliarne l'applicazione
- Partecipare al processo di implementazione con tutti gli stakeholder rilevanti
- Assicurandosi che la soluzione sia in linea con gli obiettivi e le finalità dell'organizzazione
- Monitorare la soluzione per determinarne l'efficacia e apportare eventuali modifiche necessarie [7]

## 1.2 Principi e pilastri del World Class Manufacturing (WCM)

Il WCM si basa su dei principi che sottolineano l'importanza del processo decisionale basato sui dati, del controllo statistico dei processi e dei sistemi di gestione della qualità per ottimizzare i processi e ridurre gli sprechi. Inoltre, si concentrano su iniziative di sostenibilità ambientale e responsabilità sociale, affinché le organizzazioni diano priorità al benessere dei propri dipendenti, dei propri clienti e dell'ambiente.

La filosofia WCM è costruita su una struttura modulare, organizzata attorno a 10 pilastri tecnici e 10 pilastri manageriali, ognuno dei quali rappresenta un'area strategica di miglioramento.

Ogni Pilastro è costituito da 7 Passi che portano l'azienda da uno stato Reattivo, dove si reagisce quando nasce un problema, ad uno Preventivo, dove si utilizzano le esperienze passate per evitare il ripetersi di problemi già verificatesi, fino al raggiungimento di uno stato Proattivo, dove si utilizzano delle azioni correttive per prevenire la possibilità che accada uno specifico problema. Una volta raggiunta la fase proattiva l'azienda tende a diventare un benchmark.

I 10 pilastri tecnici, che riguardano le attività e i processi produttivi, sono i seguenti:

1. *Standardizzazione dei processi*: Miglioramento delle istruzioni di lavoro di routine per minimizzare la variabilità e utilizzo degli stessi metodi per tutte le forme di lavoro garantendo la coerenza della produzione
2. *Miglioramento Continuo (Kaizen)*: Il principio Kaizen si focalizza sul continuo cambiamento di processi, attrezzature e piani di lavoro. Si ha la nascita di una cultura lavorativa volta allo sviluppo e ad una maggiore produttività grazie all'inclusione dei dipendenti nei processi di miglioramento, rafforzando i loro impegni e le loro responsabilità

3. *Manutenzione Produttiva Totale (TPM)*: Il TPM è un approccio proattivo alla manutenzione, focalizzato sul mantenimento delle sue condizioni operative. Il TPM fornisce programmi di manutenzione, di formazione degli operatori e mira al coinvolgimento di tutti i dipendenti nei processi manutentivi delle attrezzature per ridurre i tempi di inattività e migliorare l'affidabilità
  
4. *Produzione Just-In-Time (JIT)*: La strategia JIT si concentra sulla produzione solo di ciò che è necessario, riducendo i livelli di inventario e i costi di trasporto correlati. I sistemi di pianificazione avanzata permettono ai produttori di valutare e gestire il flusso di materie prime e di beni intermedi provenienti da differenti fornitori. JIT significa anche produrre al momento giusto, riducendo così la quantità di merce stoccata in magazzino e l'efficienza operativa complessiva
  
5. *Produzione snella*: Eliminare gli sprechi durante tutto il processo produttivo è il principio chiave della Lean Manufacturing, che include prima di tutto di effettuare l'analisi dei processi, seguita dall'identificazione delle attività senza valore aggiunto e dall'implementazione di strategie per ottimizzare tali attività
  
6. *Sistemi di gestione della Qualità (QMS)*: Lo sviluppo di protocolli di controllo qualità garantisce che i prodotti soddisfino le aspettative dei clienti. Questo include il controllo statistico del processo e il monitoraggio continuo per rilevare e correggere i difetti nelle prime fasi del processo produttivo

7. *Sistemi di Produzione Flessibili (FMS)*: Gli FMS permettono di produrre più prodotti sulla stessa linea senza interruzioni. Questa flessibilità permette all'organizzazione di rispondere ai cambiamenti del mercato e alle preferenze dei clienti
  
8. *Formazione e sviluppo della forza lavoro*: Investire nella formazione dei dipendenti porta all'aumento delle loro competenze, il quale sfocia in una maggiore produttività. Un personale ben formato è fondamentale per l'implementazione efficace degli standard WCM
  
9. *Integrazione della Gestione della Supply Chain (SCM)*: L'integrazione della catena di approvvigionamento riduce i tempi di consegna e aumenta l'efficienza operativa complessiva
  
10. *Decisioni basate sui dati*: Il processo di analisi dei dati e di valutazione dei KPI consente alle organizzazioni di prendere decisioni informate e attendibili. Analizzando i dati di produzione, le aziende possono individuare schemi, ottimizzare i processi e migliorare l'efficienza

Mentre i 10 pilastri manageriali, che sono legati al controllo dell'organizzazione nel suo complesso, sono i seguenti:

1. *Leadership*: La leadership è fondamentale per l'implementazione di un sistema WCM efficace. I manager devono essere impegnati nei principi della WCM e promuovere attivamente una cultura di miglioramento continuo in tutta l'organizzazione
  
2. *Pianificazione strategica*: La strategia dovrebbe allineare gli obiettivi dell'organizzazione ai principi del WCM, mediante l'inclusione e la definizione di indicatori chiave di performance

(KPI) e di obiettivi a lungo termine che guideranno il processo decisionale e l'allocazione delle risorse

3. *Coinvolgimento e empowerment dei dipendenti*: Il coinvolgimento dei dipendenti in qualsiasi ruolo contribuisce all'aumento del senso di appartenenza e di responsabilità. Incoraggiare il lavoro di squadra contribuisce alla creazione di dipendenti proattivi che vogliono sempre più migliorare e ottimizzare le proprie azioni e le proprie attività
4. *Collaborazione Trasversale*: Lavorare tra le funzioni su progetti facilita la condivisione delle conoscenze e porta a soluzioni migliori
5. *Gestione del cambiamento*: L'implementazione del WCM richiede una gestione efficace del cambiamento. Le organizzazioni devono essere pronte e preparate a resistere alla naturale resistenza al cambiamento, supportare i dipendenti durante la transizione e informare tutti i dipendenti sui benefici che comporta l'implementazione delle pratiche WCM
6. *Misurazione delle prestazioni e feedback*: Un sistema di misurazione dell'efficienza è importante per misurare i progressi verso gli obiettivi WCM. Meccanismi di feedback ben consolidati e affermati aiutano a identificare le aree di miglioramento e a motivare i team a puntare a prestazioni e risultati superiori
7. *Allocazione delle risorse*: L'allocazione delle risorse è fondamentale per il successo del WCM. Richiede una

pianificazione attenta per garantire che le risorse vengano indirizzate a progetti che avranno un maggiore impatto sull'organizzazione

8. *Gestione del rischio*: Per operazioni continue, dobbiamo identificare e ridurre i rischi in tempo. Una strategia attiva di gestione del rischio aiuta le organizzazioni ad anticipare i problemi e a sviluppare piani di emergenza
  
9. *Attenzione al cliente*: Le organizzazioni devono raccogliere attivamente i feedback dai clienti, analizzare le loro esigenze, la loro soddisfazione e utilizzare tali risultati per migliorare l'erogazione dei prodotti e dei servizi
  
10. *Iniziative di sostenibilità*: Il manager deve considerare gli aspetti ambientali nelle strategie operative, aumentare l'efficienza delle risorse e minimizzare l'impatto delle attività produttive sull'ambiente. Bisogna dare priorità alla sostenibilità, che insieme ad altre strategie può portare ad un miglioramento significativo della propria efficienza e della propria qualità operativa. Infine monitorare l'uso delle risorse è fondamentale per implementare standard ecologici e misurare l'efficacia delle iniziative di sostenibilità

Ogni pilastro viene gestito da 1 o più Pillar Leader che è il responsabile dell'implementazione dei miglioramenti del proprio pillar, ossia della propria area di miglioramento, ma anche il proprietario dei metodi e degli strumenti per ottenere il miglioramento continuo.

### 1.3 La strategia alla base del WCM

Lo sviluppo di una strategia WCM comporta:

- una valutazione approfondita delle attività che si stanno svolgendo attualmente
- la definizione di obiettivi SMART
- lo sviluppo di un quadro individuale

L'implementazione del WCM può aiutare le organizzazioni a:

- migliorare in modo costante i loro processi produttivi
- aumentare la competitività
- raggiungere il successo a lungo termine sul mercato

L'implementazione di una strategia WCM efficace si basa su 4 punti fondamentali:

1. **Valutazione delle operazioni attuali**
2. **Fissare obiettivi chiari**
3. **Creazione di un quadro manifatturiero di livello mondiale**
4. **Integrazione tecnologica**

#### **Valutazione delle operazioni attuali**

L'obiettivo è quello di comprendere le proprie capacità produttive attuali, i processi e gli indicatori di prestazione.

Questo processo di valutazione si svolge nelle seguenti fasi:

- **Fase 1: Audit dei processi** → Analisi dei propri flussi di lavoro, della catena di approvvigionamento e del processo di gestione dell'inventario
- **Fase 2: Analisi degli indicatori chiave** → Raccolta dei dati riguardanti la durata del ciclo produttivo, il numero di difetti e i tempi di inattività

- **Fase 3: Individuazione delle debolezze** → Individuazione delle debolezze nei processi di lavoro o nelle aree in cui la qualità del lavoro non soddisfa i requisiti o gli obiettivi prefissati, incluso l'impatto ambientale delle proprie operazioni
- **Fase 4: Coinvolgimento di specialisti specializzati** → Coinvolgimento di specialisti che vengono indirizzati nel relativo ambito di interesse che necessita di miglioramento, in base ai risultati delle precedenti tre fasi, per risolvere il problema

Il risultato che si ottiene è quello di essere riusciti a creare un rapporto dettagliato sui punti di forza e di debolezza attuali della propria azienda, indicando le aree di miglioramento.

### **Fissare obiettivi chiari**

L'obiettivo è quello di fissare degli obiettivi SMART che rispecchino la missione della propria azienda, seguendo i seguenti passaggi:

- **Passo 1: Identificare indicatori chiave di performance (KPI)** → Scelta degli indicatori di performance relativi ad un dipendente, ad un dipartimento o all'impresa stessa e successivo calcolo di essi per ciascuna delle opzioni considerate
- **Passo 2: Individuare le aree prioritarie da migliorare** → Concentrati sulla correzione degli errori e sul miglioramento nelle aree che presentano il maggiore potenziale di effetto
- **Passo 3: Conformità alla strategia aziendale** → Assicurati che l'implementazione di una strategia WCM molto aggressiva supporti obiettivi aziendali più ampi come l'espansione del mercato, la distribuzione dei costi o lo sviluppo sostenibile

Il risultato che si ottiene è quello di avere un insieme più chiaro di obiettivi che andranno a definire la propria strategia aziendale e che ti aiuteranno a valutare il successo della propria impresa.

## **Creazione di un quadro manifatturiero di livello mondiale**

L'obiettivo è quello di riuscire a sviluppare una piattaforma di produzione individuale che rifletta le caratteristiche uniche della propria azienda, mediante i seguenti passaggi:

- **Passo 1: Benchmark delle migliori pratiche** → Studia e prendi spunto dalle realtà aziendali leader nell'implementazione del WCM, nel tuo settore, per imparare dai loro processi e dai loro sistemi
- **Passo 2: Determinare la velocità di implementazione** → È meglio che le piccole e medie imprese si concentrino su dei miglioramenti incrementali, mentre le grandi imprese nell'implementazione di iniziative su larga scala
- **Passo 3: Sviluppo degli standard operativi** → Sviluppo di procedure operative standard (SOP) coerenti con i principi del WCM, con un focus sul miglioramento continuo (Kaizen), la gestione generale della qualità (TQM), la produzione Just-In-Time (JIT), lo snellimento dei processi e l'implementazione della Manutenzione Produttiva Totale (TPM)
- **Passo 4: Crea un piano di formazione e sviluppo** → Assicurati che i dipendenti a tutti i livelli siano formati adeguatamente nei nuovi processi e comprendano il loro ruolo nel raggiungimento degli obiettivi del WCM

Come risultato si ottiene un framework della strategia WCM implementata ben definito e scalabile, adattato alle dimensioni, alle risorse e alla posizione di mercato della propria organizzazione.

## **Integrazione tecnologica**

L'obiettivo è quello di sfruttare le tecnologie moderne per ottimizzare i processi produttivi e aumentare la competitività, mediante i seguenti passaggi:

- **Passo 1: Implementazione dell'automatizzazione**  
→ Automatizzazione dei compiti e delle attività ripetitive per aumentare la velocità e ridurre il numero di errori umani
- **Passo 2: Introduzione dell'intelligenza artificiale** → Utilizzo dell'analisi dei dati basata sull'intelligenza artificiale per la gestione iniziale delle apparecchiature, per la previsione dei guasti delle apparecchiature, per l'ottimizzazione della gestione della catena di approvvigionamento e per migliorare il controllo qualità dei prodotti attraverso una manutenzione professionale prevedibile
- **Passo 3: Implementazione dell'IoT (Internet of Things)**  
→ Utilizzo di strumenti IoT per monitorare in tempo reale le prestazioni delle apparecchiature e delle linee di produzione, migliorando l'efficienza produttiva e creando un ambiente produttivo più interconnesso e flessibile
- **Passo 4: Miglioramento dell'interazione umana e delle attrezzature tecniche** → Investi in tecnologie che diano più flessibilità e potere agli operatori, come ad esempio l'uso di dispositivi indossabili o di robot che aiutino a svolgere compiti difficili o pericolosi

Il risultato che si ottiene è quello di riuscire ad ottenere un sistema di produzione tecnologico che riduca gli sprechi, migliori la qualità e aumenti l'efficienza complessiva del lavoro.

## 1.4 Gli ostacoli nell'implementazione del WCM

Riuscire ad implementare in maniera efficace ed efficiente il WCM, in un'organizzazione, raramente risulta essere semplice a causa di numerosi ostacoli e numerose sfide che si presentano lungo il percorso.

Gli ostacoli più comuni sono:

1. **La resistenza al cambiamento**
2. **I vincoli legati alle risorse**

3. **Il mantenimento dello slancio**
4. **Il bilanciamento tra qualità e velocità**

### **La resistenza al cambiamento**

L'ostacolo è rappresentato dal fatto che tutti i cambiamenti rendono le persone nervose, sia che si tratti di paura dell'ignoto, modifica di routine lavorative e personali o anche di solo sano scetticismo, bisogna comunque aspettarsi qualche resistenza.

Una possibile soluzione è rappresentata dal fatto che i manager presentino e parlino del cambiamento come se fosse un qualcosa che le persone scelgono piuttosto che un qualcosa che accade a loro, per fare ciò essi possono prendere spunto e seguire le seguenti linee guida:

- **Guidare dall'alto** → Se le componenti manageriali non mostrano particolare impegno, nel cercare di rendere questo cambiamento il meno pesante possibile, ci si può aspettare lo stesso anche dai dipendenti. I manager devono modellare attivamente i comportamenti e la mentalità allineandola all'impegno che il WCM richiede
- **Spiegare cosa ci guadagnano** → Le persone raramente cambiano le proprie abitudini e le proprie routine perché risulta essere una cosa positiva che può migliorare l'azienda. I manager devono essere in grado di mostrare come il WCM renderà il loro lavoro più sicuro, facile o gratificante
- **Invitare i dipendenti a entrare** → Non bisogna limitarsi a pianificare il cambiamento sperando che esso avvenga da solo prima o poi. Bisogna coinvolgere attivamente i dipendenti fin dall'inizio del cambiamento, trattandoli come se fossero dei veri e propri partner, chiedendo il loro parere e ascoltando le loro preoccupazioni

- **Sostenere il percorso** → Il cambiamento è scomodo. Allenarsi, una comunicazione chiara e un incoraggiamento costante contribuiscono a costruire fiducia in sé stessi

Adottando queste linee guida si ottiene una forza lavoro che vede il WCM non come un peso imposto, ma come un'opportunità condivisa per fare meglio, insieme.

### **I vincoli legati alle risorse**

Un altro ostacolo sono i vincoli legati alle risorse perché non è possibile implementare, come in questo caso, il WCM investendo o buttando dei soldi che non si ha sul problema. Bisogna sempre avere sotto stretto controllo la realtà aziendale perché i budget sono stretti e limitati e i vari team sotto pressione.

Per cercare di superare questo problema bisogna concentrare le energie e il budget dove farà davvero la differenza:

- **Inizia in piccolo, vinci presto** → Scegli una linea, un processo o un problema. Mostra i risultati velocemente e da lì costruisci slancio
- **Usa quello che hai già** → Prima di acquistare sistemi nuovi e scintillanti, bisogna imparare bene le basi. Strumenti snelli come il 5S impattano economicamente poco e possono avere un impatto enorme
- **Porta aiuto, brevemente** → Se non hai competenze interne nell'ambito del WCM, chiedi aiuto ad un esperto in materia per un supporto mirato mantenendo sempre il focus principale sull'aspetto pratico e meno su quello teorico
- **Cerca finanziamenti** → In molte regioni, sono disponibili sovvenzioni, sussidi e incentivi per l'innovazione e i miglioramenti manifatturieri. Bisogna essere in grado di creare un progetto che sia valido e di presentarlo bene per riuscire ad ottenerli

## **Il mantenimento dello slancio**

Il successo più grande per un'organizzazione non è rappresentato dal fatto del riuscire ad avviare ed implementare il WCM ma nel riuscire a proseguire questo progetto nei mesi a venire. Perché all'inizio si ha lo slancio della novità e la voglia di scoprire e sperimentare il cambiamento che piano piano, con il passare dei mesi, può portare ad un appagamento che rischia di trasformarsi in un elemento che può bloccare questo processo.

Per cercare di evitare che tutto questo si verifichi è bene costruire delle abitudini e delle strutture che impediscano al WCM di diventare un processo poco stimolante agli occhi di chi si occupa del suo sviluppo all'interno dell'organizzazione, come ad esempio:

- **Fissare dei piccoli obiettivi visibili** → Le grandi visioni sono fonte di ispirazione, ma il progresso quotidiano mantiene le persone motivate. Scomponi tutto il processo in piccoli traguardi, che le persone all'interno dell'organizzazione possono vedere e celebrare
- **Effettuare numerosi controlli di avanzamento dei lavori** → Senza dei controlli regolari, anche i piani migliori possono naufragare. È bene effettuare delle valutazioni delle prestazioni per osservare lo stato di avanzamento dei lavori
- **Celebrare i progressi** → Non bisogna concentrarsi solo su quello che non funziona ma è bene riconoscere e premiare le piccole vittorie, mostrando alle persone che i loro sforzi contano
- **Mantenere la cultura WCM sempre in allenamento** → Il WCM è un progetto che necessita di essere continuamente studiato e aggiornato. Molto importante è l'educazione continua perché mantiene le persone coinvolte e in crescita

## **Il bilanciamento tra qualità e velocità**

È molto importante riuscire a bilanciare la qualità e la velocità all'interno di un processo perché risulta essere facile implementare una produzione più veloce, ma è altrettanto facile vedere la qualità calare al suo interno.

Per riuscire a fare in modo che la velocità e la qualità vadano di pari passo e che siano correlate tra loro è bene prendere spunto dai seguenti punti:

- **Risolvere prima il processo** → Implementare la Lean Production o Six Sigma può aiutare a eliminare lo spreco e le variazioni che causano i principali rallentamenti e i principali difetti all'interno del processo
- **Monitoraggio della qualità in tempo reale** → Non bisogna aspettare che un lotto sia pronto per essere spedito al cliente per scoprire che presenta dei difetti e degli errori risultando essere inutilizzabile. Infatti, una rilevazione precoce e pianificata fa in modo di risparmiare tempo, denaro e frustrazione
- **Standardizzazione del lavoro** → Istruzioni di lavoro chiare e pratiche aiutano le persone a lavorare in modo rapido e corretto, senza dover apportare numerose modifiche per correggere degli errori o dei difetti presenti sul prodotto finito che possono dilatare i tempi
- **Collaborazione tra i team** → La qualità non è solo compito del reparto qualità ma è responsabilità di tutti. Una forte collaborazione trasversale evita la classica trappola di risolvere un problema mentre se ne creano altri

## 1.5 Vantaggi e Svantaggi del WCM

L'implementazione di un progetto complesso e strutturato come il World Class Manufacturing comporta numerosi vantaggi e numerosi svantaggi e criticità per un'organizzazione.

I vantaggi sono:

- Miglioramento dell'efficienza operativa
- Riduzione dei costi
- Miglioramento della qualità
- Coinvolgimento del personale
- Miglioramento della sicurezza
- Vantaggio competitivo

Mentre, gli svantaggi e le criticità sono:

- Costi iniziali elevati
- Tempi di implementazione lunghi
- Resistenza al cambiamento
- Complessità gestionale
- Dipendenza dalla leadership

## Capitolo 2: La Manutenzione industriale

### 2.1 La Manutenzione industriale

La manutenzione industriale è l'insieme delle attività tecniche, organizzative e gestionali finalizzate a garantire che i diversi macchinari, i diversi impianti e le diverse infrastrutture produttive restino operative nel tempo in condizioni ottimali.

Il concetto di “fare manutenzione” non fa riferimento solo al riparo dei guasti quando si verificano, ma comprende varie attività quali:

- prevenire le interruzioni
- ridurre i tempi di fermo macchina
- mantenere elevati standard di sicurezza e di qualità

Dal punto di vista tecnico, la manutenzione prevede l'organizzazione e lo svolgimento di diverse attività, quali:

- controlli periodici
- calibrazione di strumenti
- sostituzione di componenti usurati
- implementazione di sistemi di monitoraggio

Mentre dal punto di vista gestionale, implica:

- la pianificazione delle risorse
- la gestione dei ricambi
- l'analisi dei dati per ottimizzare costi e prestazioni [8]

Al giorno d'oggi, dove in un contesto aziendale per riuscire a rimanere competitivi sul mercato occorre massimizzare l'efficienza e la produttività dei propri impianti, la manutenzione acquisisce sempre di più un ruolo fondamentale e strategico che contribuisce al successo dell'azienda sul mercato; questo perché permette di:

- Ridurre i costi di conduzione
- Aumentare la produttività degli impianti

- Aumentare la qualità del prodotto finale
- Migliorare la sicurezza
- Massimizzare i tempi di produzione
- Razionalizzare le risorse [9]

Mentre dal punto di vista operativo, effettuare una corretta attività di manutenzione garantisce:

- **La continuità della produzione** → evitando interruzioni impreviste
- **La sicurezza degli operatori** → grazie a impianti affidabili e conformi alle normative
- **L'efficienza energetica** → poiché macchine ben regolate consumano meno risorse
- **Una maggiore competitività** → grazie alla riduzione dei costi e all'aumento della produttività

Si ha che un sistema di manutenzione efficace tiene conto di tre aspetti fondamentali:

- **Affidabilità:** è la capacità di un impianto di funzionare senza guasti per un periodo definito
- **Disponibilità:** è la percentuale di tempo in cui un determinato macchinario è effettivamente operativo rispetto al tempo totale
- **Manutenibilità:** è la facilità e la rapidità con cui un sistema può essere ripristinato dopo che si è verificato un guasto [8]

### 2.1.1 Obiettivi della Manutenzione Industriale

Gli obiettivi della manutenzione industriale non si limitano soltanto alla semplice riparazione dei guasti, ma abbracciano una visione più ampia

riguardante diversi aspetti come la continuità operativa, l'efficienza e la sicurezza.

Le aziende che adottano un'attività di manutenzione industriale ben programmata e strutturata mirano a raggiungere una serie di traguardi fondamentali e a soddisfare diversi obiettivi, quali:

- **Garantire l'affidabilità degli impianti:** Ogni macchina deve funzionare in condizioni operative stabili e senza interruzioni per il tempo previsto dal ciclo produttivo
- **Ridurre i tempi di fermo macchina:** Minimizzando le interruzioni non pianificate si ha un aumento della produttività rispettando le scadenze di consegna ai clienti
- **Assicurare la sicurezza degli operatori:** Un impianto sottoposto ad un'adeguata attività manutentiva riduce il rischio di incidenti e migliora l'ambiente di lavoro
- **Ottimizzare i costi operativi:** Attraverso la prevenzione dei guasti e la gestione efficace dei ricambi si riducono le spese impreviste riuscendo ad effettuare un miglior controllo del budget
- **Prolungare la vita utile dei macchinari:** Interventi regolari e mirati rallentano l'usura e permettono di sfruttare le attrezzature per più anni
- **Migliorare la qualità del prodotto:** Un macchinario che lavora senza problematiche e con continuità permette di mantenere standard qualitativi elevati e una riduzione dei difetti e degli scarti
- **Supportare la sostenibilità:** La manutenzione contribuisce a ridurre sprechi energetici e materiali, favorendo una produzione più sostenibile [8]

## 2.2 Tipologie di Manutenzione Industriale

Esistono diverse tipologie di manutenzione che possono essere implementate per risolvere i vari problemi e i vari guasti sulle diverse macchine e attrezzature presenti all'interno di un'organizzazione.

Esistono due normative che riconoscono, definiscono e suddividono la manutenzione per tipologie:

1 *Norma tecnica UNI 10147*

2 *Norma UNI 13306:2018*

La *norma tecnica UNI 10147* distingue la manutenzione industriale in due macro-categorie:

- la manutenzione ordinaria
- la manutenzione straordinaria

Sempre la *norma tecnica UNI 10147* suddivide la manutenzione industriale in due diverse tipologie, che a loro volta vengono suddivise in diverse tecniche manutentive in base all'approccio, al tipo di intervento, a come lo pianifichi e a dove viene effettuato; queste due tipologie sono:

1. *La Manutenzione Proattiva*

2. *La Manutenzione Reattiva*

### 2.2.1 La Manutenzione Ordinaria

Per manutenzione ordinaria si intende quel tipo di manutenzione svolta con l'obiettivo di ripristinare il funzionamento di un asset o di un macchinario o di un'attrezzatura dell'impianto su cui si è già verificato un guasto, senza però andarne a modificare o migliorare il valore o la prestazione.

In questa tipologia di manutenzione vengono effettuati tutti gli interventi manutentivi che hanno luogo durante il ciclo di vita di un asset, con l'obiettivo di:

- Ripristinare il funzionamento di un bene
- Porre rimedio a guasti o eventi accidentali
- Garantire il ciclo di vita utile di un asset

Esiste una norma, la **norma UNI 11063:2003** che elenca come attività di manutenzione ordinaria quegli interventi che hanno come obiettivo:

- mantenere l'integrità originaria dell'asset
- mantenere o ripristinare l'efficienza del sistema
- contenere il normale degrado dell'asset
- garantire la vita utile del bene
- ripristinare il sistema a fronte di un guasto

In particolare, questa norma indica come ordinaria i seguenti tipi di manutenzione:

- correttiva
- preventiva
- migliorativa

### 2.2.2 La Manutenzione Straordinaria

La manutenzione straordinaria viene descritta e definita dalla *norma UNI 11063:2003*. Essa comprende tutti quegli interventi manutentivi che vengono effettuati con lo scopo di:

- migliorare il funzionamento di un asset
- aumentarne la longevità o il valore

Si hanno due tipi di interventi che rientrano in un'attività di manutenzione straordinaria:

1. Interventi sul sistema strutturale
2. Interventi di grandi dimensioni che introducono un'innovazione al sistema tecnologico

Gli obiettivi di quando si attua e si pianifica un'attività di manutenzione straordinaria, sono i seguenti:

- Prevenire l'insorgenza di un guasto

- Aumentare la disponibilità e il ciclo di vita utile di un asset
- Razionalizzare i costi e contenere i tempi della manutenzione

### 2.2.3 La Manutenzione Proattiva

La manutenzione proattiva è una tipologia di manutenzione che promuove degli interventi di revisione e di miglioramento dei vari macchinari e delle varie attrezzature.

L'obiettivo è quello di cercare di limitare le cause dei guasti prima che questi si verifichino, invece che intervenire reagendo al guasto.

Si tratta di una tecnica che viene spesso utilizzata in politiche di miglioramento continuo come, ad esempio, il Kaizen Lean e il Total Productive Maintenance (TPM). [11]

Un'implementazione corretta di questa tecnica consiste nel:

- Utilizzo di tecnologie di monitoraggio per la raccolta dei dati sulle prestazioni e sullo stato dei macchinari per identificarne i potenziali problemi prima che si aggravino
- Formare adeguatamente il personale per svolgere i vari interventi in maniera corretta
- Implementazione di sistemi di analisi dati per l'ottimizzazione e il miglioramento continuo dei processi [12]

Adottare questa tecnica manutentiva comporta numerosi vantaggi, quali:

- Riduzione dei fermi macchina
- Miglioramento della sicurezza
- Aumento della qualità
- Riduzione dei costi

Questa tecnica si suddivide, a sua volta, in numerose altre tipologie di attività di manutenzione, che sono le seguenti:

- *Manutenzione preventiva o programmata*

- *Manutenzione autonoma*
- *Manutenzione periodica*
- *Manutenzione ciclica*
- *Manutenzione basata sulle condizioni dei macchinari*
- *Manutenzione predittiva*
- *Manutenzione migliorativa*
- *Manutenzione basata sull'effettivo utilizzo dei componenti*

#### 2.2.4 La Manutenzione Reattiva

Mentre la manutenzione reattiva, chiamata anche con il termine di manutenzione a guasto o manutenzione run-to-failure, è una tipologia di manutenzione dove i componenti delle varie macchine e delle varie attrezzature vengono riparati o sostituiti solo dopo l'avvento del guasto.

È bene adottare un'attività di manutenzione reattiva quando si hanno:

- Delle apparecchiature non critiche
- Dei bassi costi di sostituzione
- Dei fallimenti imprevedibili
- Dei sistemi ridondanti

Una gestione efficiente dei guasti si può ottenere adottando delle buone pratiche, quali:

- Classificare le risorse in base alle loro criticità dando priorità ai guasti critici
- Utilizzare dei software di gestione della manutenzione come il CMMS (Computerized Maintenance Management System)
- Formazione del personale per lo svolgimento di interventi corretti
- Monitoraggio di varie metriche, come il MTTR (Mean Time To Repair), il MTBF (Mean Time Between Failures), il MTTF (Mean Time To Failure) e l'OEE (Overall Equipment Effectiveness) [9], per avere più informazioni possibili sul guasto

I possibili rischi e svantaggi nell'adozione di questa tecnica sono:

- Elevati costi di inattività
- Limitato controllo dei costi
- Rischi per la sicurezza
- Riduzione della durata delle apparecchiature
- Pressione sull'inventario e aumento dei costi ad esso associati [13]

Fa parte di questa tipologia di manutenzione un'altra tipologia di manutenzione: *la manutenzione correttiva*.

### 2.2.5 La Manutenzione Autonoma

Le attività di manutenzione autonoma sono tutte quelle attività di semplice ispezione e controllo, che vengono eseguite dal manutentore o dagli operatori che operano sulle macchine, come la pulizia, la lubrificazione o le piccole regolazioni per cercare di mantenere le loro normali condizioni di funzionamento e ripristinare le condizioni iniziali.

Lo scopo di effettuare questo tipo di manutenzione è quello di risolvere le seguenti criticità:

- Guasti minori
- Funzionamento anomalo dei dispositivi
- Errori minori legati al lavoro di macchine e dispositivi [14]

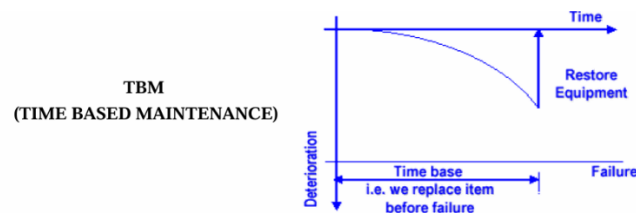
Gli esiti di questi controlli e di queste ispezioni vengono riportati e registrati su appositi cartellini che vengono successivamente applicati sul macchinario o sull'attrezzatura. Per conservare uno storico sempre aggiornato e facilmente consultabile di queste attività è buona norma quella di digitalizzare gli esiti di queste ispezioni immettendoli all'interno di un software di manutenzione CMMS (Computerized Maintenance Management System).

### 2.2.6 La Manutenzione Periodica

È una tipologia di manutenzione programmata chiamata anche Time Based Maintenance (TBM), che si esegue rispettando e seguendo delle attività di manutenzione programmate e pianificate su base temporale, indipendentemente dalle condizioni dei macchinari e delle attrezzature come mostrato in Figura 3.

Le attività vengono effettuate spesso in concomitanza con le pause di lavoro per minimizzare il numero totale di fermate programmate.

Inizialmente, non è facile da effettuare perché il deterioramento delle condizioni di base rende difficile prevedere la frequenza dei ripristini; tuttavia, il ripristino delle condizioni di base di un componente rappresenta un'ottima introduzione alle attività di manutenzione predittiva.



**Figura 3:** Manutenzione Periodica [14]

### 2.2.7 La Manutenzione Ciclica

È una tipologia di manutenzione strettamente correlata alla manutenzione periodica ed è riconosciuta e normata dalla *norma UNI 10147* come una branca della manutenzione preventiva programmata. In sostanza si tratta di interventi eseguiti secondo dei cicli prefissati nel tempo, indipendentemente dalle condizioni dei macchinari e delle attrezzature, permettendo un controllo costante sul loro livello di degradazione.

### 2.2.8 La Manutenzione basata sulle condizioni dei macchinari

È una tipologia di manutenzione, chiamata anche Condition Based Maintenance (CBM), che consente di pianificare le attività di

manutenzione basandosi sul funzionamento e sulle condizioni in tempo reale della macchina e non sui dati statistici. Così facendo si ha che le attività sono più mirate e meglio organizzate, aumentando in questo modo la disponibilità dell'intero sistema.

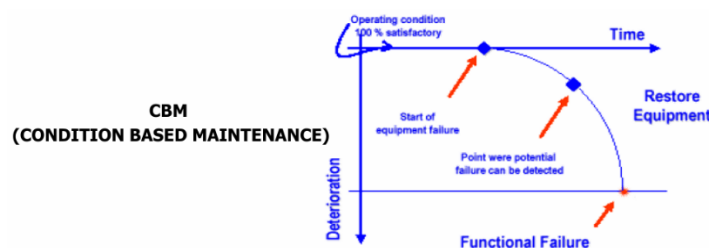
Un'attività di questo tipo è subordinata al raggiungimento di parametri prestabiliti oltre i quali si alza, dal punto di vista statistico, la probabilità del verificarsi di un guasto, come mostrato in Figura 4.

Per effettuare questa tipologia di manutenzione, è necessaria la misurazione di diversi parametri o sintomi della macchina, quali:

- Emissioni acustiche e vibrazionali
- Emissioni termiche
- Emissioni relative ai flussi di raffreddamento e di lubrificazione
- Emissioni relative al consumo energetico
- Emissioni con effetto sul prodotto
- Contaminazione di lubrificanti e refrigeranti

per comprendere al meglio il degrado dei componenti.

Fare tutto questo permette di intervenire nel momento più adeguato, evitando inefficienze dal punto di vista dei costi e delle risorse, permettendo di sostituire i componenti di un impianto prima di aver esaurito il loro ciclo di vita utile.



**Figura 4:** Manutenzione CBM [14]

Dal punto di vista economico questa tipologia di manutenzione conviene effettuarla se:

- il costo di ciascuna singola ispezione ( $C_i$ ) è inferiore al costo totale dell'intervento preventivo ( $C_p$ )
- il costo totale dell'intervento preventivo ( $C_p$ ) è inferiore al costo totale del guasto ( $C_g$ )

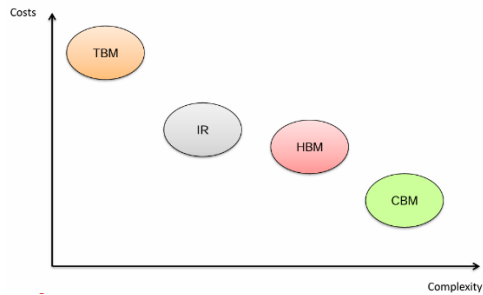
Adottare e scegliere questa tipologia di manutenzione comporta numerosi vantaggi e svantaggi, dove i vantaggi sono:

- Migliore disponibilità degli impianti migliorando la durata dei componenti
- Alcune forme di ispezione, come ad esempio quelle dove si utilizzano i 5 sensi, non sono costose e sono molto semplici
- Permette di fermarsi prima che si verifichino guasti con danni gravi
- La manutenzione può essere pianificata e il lavoro organizzato
- I ricambi possono essere forniti tempestivamente

Mentre gli svantaggi:

- Richiesta di strumenti e competenze specifiche per l'analisi delle vibrazioni, la termografia e l'analisi degli oli
- Le procedure devono essere scelte con attenzione
- È necessario un periodo di tempo per costruire il trend e stabilire un legame con le condizioni degli impianti
- Richiede una buona conoscenza della macchina e dei suoi guasti

Come riportato in Figura 5, confrontandola con altre tipologie di manutenzione, come ad esempio la TBM (Manutenzione periodica), le Ispezioni IR e la HBM (Manutenzione basata sull'utilizzo effettivo dei componenti), si ha che la manutenzione basata sulle condizioni delle macchine risulta essere più complessa ma meno costosa. [14]



**Figura 5:** Grafico Complessità-Costi [14]

### 2.2.9 La Manutenzione Predittiva

Risulta essere il tipo di manutenzione più evoluto dal punto di vista tecnologico e per questo motivo non è ancora accessibile a tutte le aziende, a causa di:

- elevati costi di implementazione
- basso livello tecnologico e culturale dell'azienda che la adotta

Per questi motivi viene spesso associata alla Manutenzione 4.0, perché permette di monitorare lo stato di salute dei macchinari e delle attrezzature in tempo reale e con una precisione a cui non è raggiungibile con le precedenti tecniche manutentive descritte; questo tipo di manutenzione si avvale dell'installazione di una sensoristica IoT (Internet of Things) per il monitoraggio e il trasferimento dei dati rilevati in tempo reale che, venendo processati da un software di manutenzione CMMS (Computerized Maintenance Management System), sono in grado di estrapolare modelli appropriati che rappresentano il tempo residuo prima del verificarsi di un guasto.

### 2.2.10 La Manutenzione Correttiva

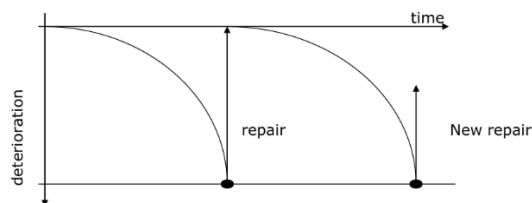
Conosciuta anche come manutenzione a guasto o a rottura, risulta essere la tipologia di manutenzione più basilare, in quanto prevede semplicemente

di attendere passivamente il presentarsi di un guasto, un fermo macchina o comunque una rottura di un componente.

Questo tipo di manutenzione è ottimale nei seguenti casi:

- il guasto del componente non blocca la macchina
- costi della manutenzione preventiva inferiori alle perdite causate dall'arresto della macchina
- nessuna ripercussione in termini di sicurezza [14]

In questi casi l'intervento viene effettuato a valle di una situazione già compromessa, con lo scopo di ripristinare la funzionalità del macchinario. Per questa sua caratteristica, la manutenzione correttiva risulta spesso essere la tipologia di manutenzione più costosa, dal momento che intervenire su di un macchinario già compromesso può sfociare in tempi di attesa più lunghi per il ripristino e dunque in perdite di produzione importanti, come riportato in Figura 2.



**Figura 2:** Manutenzione Correttiva [14]

Nonostante tutto questo, viene considerata una tecnica manutentiva vincente quando applicata su asset a basso costo o su componenti che non compromettono il funzionamento dell'intero impianto.

Come per tutti gli altri tipi di manutenzione presenta dei vantaggi e degli svantaggi.

I vantaggi sono:

- Costi bassi e alta funzionalità delle modifiche effettuate sull'attrezzatura
- Un problema serio o ricorrente può essere risolto trovando la causa principale

Mentre gli svantaggi sono:

- Possibilità di sbagliare e di non capire la vera causa del problema
- Alcuni cambiamenti proposti possono essere costosi e richiedere lunghi tempi di fermo per essere implementati
- La macchina potrebbe non subire alcun miglioramento
- Possono sorgere problemi imprevedibili a causa del cambiamento
- Risolvere un problema in un'area può sovraccaricare e causare problemi in un'altra [14]

A sua volta la manutenzione correttiva si suddivide in 3 sottocategorie, quali:

- *Manutenzione adeguativa*
- *Manutenzione evolutiva*
- *Manutenzione non pianificata*

### 2.2.11 La Manutenzione Migliorativa

Si tratta di una politica di manutenzione con l'obiettivo di fare aumentare il valore di un bene o di un impianto presente all'interno della propria azienda, portando ingenti benefici anche a livello di sicurezza aziendale. Se progettata con cura e implementata nel momento giusto, può rivelarsi come un importante intervento a livello strategico. [9]

### 2.2.12 La Manutenzione basata sull'effettivo utilizzo dei componenti

Si tratta di un'attività di manutenzione simile alla manutenzione TBM (Time Based Maintenance), con la differenza che in questo caso non ci si focalizza solo sul pianificare gli interventi in una data precisa a calendario, ma ci si focalizza sull'effettivo utilizzo del componente.

Con questa metodologia possiamo tenere in considerazione non solo il tempo, ma anche i colpi, il numero di pezzi prodotti, i movimenti degli utensili e delle attrezzature di cui sono composte le macchine per osservare lo stato in tempo reale dei vari componenti e valutare, dopo un certo numero di utilizzi, se ripararli o sostituirli per evitare che degradino troppo sfociando in un guasto.

Ad esempio:

- **Numero di colpi:** Possiamo contare le volte in cui una pressa scende e fare manutenzione al pistone quando questo movimento viene effettuato un determinato numero di volte
- **Numero di movimenti:** Se abbiamo una macchina che svolge il lavaggio dei pezzi lavorati, è possibile contare il numero di volte in cui la lancia di lavaggio spruzza l'acqua. Possiamo fare manutenzione quando viene raggiunto un determinato numero di movimenti o spruzzi

### 2.3 Vantaggi e svantaggi della Manutenzione Industriale

L'implementazione di un'attività di manutenzione corretta, pianificata ed efficace comporta numerosi vantaggi operativi ed economici ma anche, come per tutte le cose, diversi svantaggi o criticità che saranno elencati e spiegati di seguito.

I vantaggi operativi sono:

- **Riduzione dei tempi di inattività:** Una manutenzione regolare assicura che le apparecchiature critiche rimangano operative,

riducendo i tempi di inattività causati da guasti imprevisti. Eseguendo attività di manutenzione preventiva, le aziende possono mantenere la continuità della produzione e delle operazioni

- **Prolungamento della durata di vita delle apparecchiature:** Le attività di manutenzione preventiva aiutano a prolungare la durata dei macchinari. Le attività di manutenzione regolare riducono l'usura, assicurando che le apparecchiature continuino a funzionare in modo efficiente nel tempo
- **Miglioramento delle prestazioni:** Una manutenzione corretta ed efficace garantisce che i macchinari e le attrezzature funzionino a livelli di prestazioni ottimali. La manutenzione basata sulle condizioni e quella predittiva si basano su dati in tempo reale per regolare le attività di manutenzione e migliorare le prestazioni complessive delle apparecchiature
- **Risparmio sui costi nel tempo:** Sebbene la manutenzione comporti dei costi, una manutenzione preventiva efficace porta a risparmi a lungo termine. Evitando riparazioni importanti e riducendo al minimo i tempi di inattività non pianificati, le aziende possono ridurre i costi complessivi di manutenzione
- **Miglioramento della sicurezza:** Una manutenzione adeguata garantisce che le attrezzature e le strutture rimangano sicure per i lavoratori. Le misure preventive e le ispezioni regolari riducono al minimo il rischio di incidenti causati da guasti alle attrezzature
- **Semplificazione delle operazioni di manutenzione:** Un sistema di gestione della manutenzione ben implementato aiuta a programmare le attività, ad assegnare il lavoro al personale di manutenzione e a tenere traccia del completamento. Questo snellisce le operazioni di manutenzione e migliora la responsabilità

- **Supporto nella fase di gestione della manutenzione proattiva:** La manutenzione consente alle organizzazioni di passare da una gestione reattiva a una proattiva. Le strategie di manutenzione predittiva e prescrittiva anticipano i potenziali problemi, consentendo ai team di manutenzione di intervenire prima che i problemi si aggravino
- **Ottimizzazione dell'uso delle risorse:** Pianificando ed eseguendo la manutenzione programmata, le organizzazioni possono allocare il personale di manutenzione in modo efficiente, dare priorità alle apparecchiature critiche e ottimizzare l'attività di ricambistica e materiali
- **Miglioramento dell'affidabilità:** La manutenzione garantisce l'affidabilità delle apparecchiature, riducendo la probabilità di guasti imprevisti. Le strategie di manutenzione incentrate sull'affidabilità si concentrano sulla manutenzione degli asset critici per massimizzare i tempi di attività
- **Processo decisionale basato sui dati:** La manutenzione moderna si basa sui dati provenienti dai sensori e dal monitoraggio delle apparecchiature. La manutenzione predittiva utilizza questi dati per prevedere i guasti delle apparecchiature, consentendo un migliore processo decisionale per la pianificazione della manutenzione
- **Conformità e vantaggi normativi:** Una manutenzione regolare garantisce la conformità agli standard di sicurezza e normativi, in particolare per le apparecchiature critiche in settori come quello manifatturiero, sanitario e dei trasporti

- **Riduzione delle riparazioni di emergenza:** La manutenzione preventiva e predittiva riduce la necessità di una manutenzione reattiva, spesso più costosa e dispendiosa
- **Miglioramento dell'efficienza operativa:** Una manutenzione efficace migliora il flusso di lavoro e l'efficienza delle attrezzature. La manutenzione programmata riduce le interruzioni e garantisce che le apparecchiature funzionino costantemente ad alte prestazioni
- **Supporto nella gestione degli asset a lungo termine:** I programmi di gestione della manutenzione consentono alle aziende di monitorare le condizioni degli asset, di pianificare la manutenzione futura e di prendere decisioni informate sulla sostituzione o l'aggiornamento delle apparecchiature [10]

Mentre i vantaggi economici sono:

- **Riduzione dei costi di fermo macchina** → Ogni ora di inattività di un impianto produttivo può generare perdite significative. Un piano di manutenzione efficace permette di ridurre i guasti imprevisti e, di conseguenza, i costi dovuti all'interruzione delle attività
- **Ottimizzazione del ciclo di vita degli asset** → Interventi regolari e predittivi prolungano la vita utile dei macchinari, ritardando investimenti onerosi per la sostituzione degli impianti
- **Diminuzione dei costi di riparazione** → Intervenire preventivamente evita danni estesi e costosi. La manutenzione preventiva o predittiva consente di sostituire i componenti prima che compromettano l'intero sistema

- **Maggiore efficienza energetica** → Macchinari ben calibrati consumano meno energia, con una riduzione diretta delle spese per l'energia elettrica e dei costi operativi
- **Migliore gestione delle scorte** → Grazie all'uso di sistemi digitali (CMMS e IoT), è possibile pianificare la sostituzione dei ricambi in modo ottimale, evitando sia sprechi che carenze critiche di componenti
- **ROI (Return Of Investment) positivo e misurabile** → Le aziende che adottano strategie di manutenzione strutturate riscontrano un ritorno sull'investimento (ROI) attraverso la riduzione delle spese complessive, l'aumento della produttività e una maggiore continuità operativa

I principali svantaggi di un'attività di manutenzione efficace sono:

- **Costi iniziali elevati:** L'implementazione di un programma completo di manutenzione preventiva richiede investimenti in sistemi, strumenti e personale di manutenzione. I costi iniziali della manutenzione possono essere elevati
- **Richiede molto tempo:** L'esecuzione di attività di manutenzione, ispezioni e riparazioni richiede tempo. La manutenzione programmata può interrompere le normali operazioni, incidendo sulla produttività
- **Attività manutentive non necessarie:** La manutenzione preventiva può talvolta portare a una manutenzione non necessaria di apparecchiature che non avrebbero richiesto un intervento, con conseguenti costi aggiuntivi
- **Richiesta di personale qualificato:** Una manutenzione efficace si basa su un personale qualificato e un team della manutenzione

preparato e ben organizzato. La mancanza di personale qualificato può ostacolare il successo di un programma di manutenzione

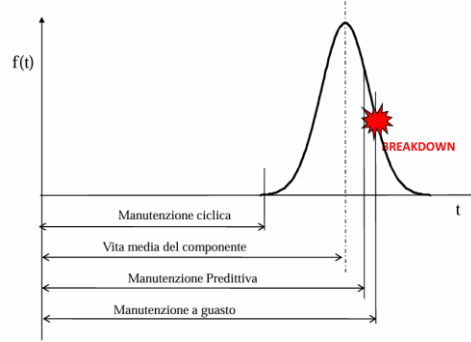
- **Dipendenza da dati accurati:** La manutenzione predittiva e quella basata sulle condizioni richiedono dati accurati sulle prestazioni delle apparecchiature. Dati imprecisi possono portare a decisioni di manutenzione errate
- **Complessità gestionali:** La gestione di più tipi di strategie di manutenzione, la programmazione delle attività e il monitoraggio delle operazioni attraverso un CMMS possono essere complessi e richiedono un'attenta pianificazione
- **Presenza di tempi di inattività:** Anche in caso di manutenzione programmata, potrebbe essere necessario mettere temporaneamente fuori servizio le apparecchiature, con conseguenti ripercussioni sui programmi di produzione
- **Possibilità di svolgimento di attività di manutenzione reattiva:** Nonostante le misure preventive, possono verificarsi guasti inaspettati che richiedono una manutenzione reattiva e risorse aggiuntive
- **Accumulo dei costi di manutenzione:** Nel tempo, i costi cumulativi delle attività di manutenzione, dei pezzi di ricambio e della manodopera possono essere significativi, soprattutto nel caso di strutture di grandi dimensioni o di macchinari molto estesi
- **Rischio di svolgimento di una manutenzione eccessiva:** Una manutenzione eccessiva può portare all'usura delle attrezzature o a sostituzioni non necessarie, riducendo l'efficienza del programma di manutenzione

- **Implementazione sfidante:** La creazione di programmi di manutenzione predittiva richiede una corretta integrazione con i sistemi esistenti e la formazione del personale, il che può essere impegnativo
- **Possibile declassamento dell'attrezzatura:** Procedure di manutenzione o riparazioni errate possono danneggiare le apparecchiature, annullando i vantaggi della manutenzione
- **Problemi di allocazione delle risorse:** L'assegnazione di personale e materiali per la manutenzione di apparecchiature non critiche può distogliere le risorse da asset più prioritari
- **Pianificazione a lungo termine necessaria:** Le strategie di manutenzione richiedono una pianificazione e un impegno a lungo termine, che possono risultare difficili per le organizzazioni che non dispongono di sistemi strutturati di gestione della manutenzione [10]

## 2.4 Scelta della tipologia di manutenzione corretta

Quando ci si trova a dover scegliere quale strategia o tipologia di manutenzione sia più adatta per la propria organizzazione bisogna fare diverse valutazioni come, ad esempio, l'impatto che queste attività hanno sulla durata della vita utile dei componenti e l'impatto dal punto di vista dei costi. [14]

Come si può notare in Figura 6 si ha che la soluzione migliore è quella di effettuare una manutenzione ciclica o periodica, perché si vanno a ripristinare le condizioni di funzionamento iniziali dei vari componenti riducendo la probabilità che un guasto si verifichi.

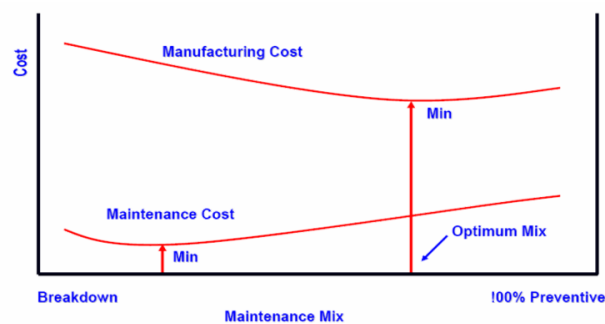


**Figura 6:** Impatto della tipologia di manutenzione sulla vita utile dei componenti [14]

Inoltre, per scegliere la strategia di manutenzione corretta, devono essere considerati due diversi tipi di costi:

1. *Costi di produzione*
2. *Costi di manutenzione*

Come riportato in Figura 7, è chiaro che la scelta di un mix di manutenzione potrebbe portare al minimo dei costi di produzione o al minimo dei costi di manutenzione; la soluzione migliore è quella di trovare un compromesso tra questi due casi, rappresentato dal punto Optimum Mix in Figura.



**Figura 7:** Diagramma Costi-Mix di Manutenzione [14]

# Capitolo 3: La Manutenzione Professionale

## PM Pianificata e La Manutenzione 4.0

### 3.1 La Manutenzione Professionale PM Pianificata

La manutenzione professionale PM pianificata è l'insieme di quelle operazioni di manutenzione che vengono pianificate per essere svolte all'interno di una precisa finestra temporale.

Rientrano nella categoria della manutenzione professionale PM pianificata tutte quelle attività manutentive che necessitano di una pianificazione a calendario, poiché non verranno svolte nel momento stesso in cui viene creato un nuovo ordine di lavoro, ma vengono posticipate nel tempo.

La manutenzione pianificata comprende 4 diverse strategie di manutenzione:

1. *Manutenzione preventiva*
2. *Manutenzione predittiva*
3. *Manutenzione incentrata sull'affidabilità*
4. *Manutenzione run-to-failure*

### 3.2 Strategie per la pianificazione della manutenzione

Attuare una pianificazione della manutenzione ha come obiettivo quello di:

- Aumentare la produttività
- Ridurre i costi di manutenzione
- Ridurre i guasti

Per riuscire ad ottenere questi obiettivi è necessario che le risorse umane, tecnologiche e fisiche, che costituiscono il core di ogni organizzazione,

collaborino tra di loro e che siano allineate sugli obiettivi e sulle azioni da svolgere per raggiungerli.

La pianificazione delle attività di manutenzione è una questione strategica; infatti, una buona pianificazione permette ai Manager e al team della manutenzione di gestire le attività operative, riuscendo ad ottenere un cambiamento nella gestione della manutenzione.

Una pianificazione adeguata dovrebbe includere:

- Pianificazione, gestione e controllo delle attività
- Responsabilità
- Tempi di attuazione
- Livello di fiducia
- Valutazione dei rischi

Il team della manutenzione deve pianificare tutte le attività basandosi sulla reale situazione dell'impianto, inoltre, deve definire i KPI e i relativi obiettivi, così come le aree in cui iniziare le attività di manutenzione preventiva e programmata.

In questa fase si devono raccogliere tutte le informazioni utili per svolgere le fasi successive e si devono compilare i vari report, delle revisioni periodiche effettuate, per verificare i progressi di tutte le attività di manutenzione programmate.

Il primo passo per una buona e corretta pianificazione della manutenzione è quello di classificare le macchine per ottimizzare l'uso delle risorse che si hanno a disposizione, allineare le attività agli obiettivi da raggiungere e soprattutto per stabilire la priorità di intervento per concentrare le risorse di manutenzione dove si ha effettivamente bisogno.

La classificazione delle macchine viene effettuata utilizzando un metodo chiamato PQDCS&M, che classifica le macchine in base a diversi criteri, quali:

- **parametri statistici** → ottenuti grazie ad uno storico dei guasti

- **criticità delle macchine** → relative alla qualità, alla sicurezza, ai costi e all’impatto, in caso di fermo, sulla produzione

Il significato dell’acronimo è: Production Quality Delivery Cost Safety and Environment & Moral, come riportato in Figura 8, dove ciascuna lettera possiede un significato ben preciso:

- **P** → impatto sulla produzione in caso di guasto
- **Q** → impatto sulla qualità in caso di guasto
- **C** → impatto sui costi in caso di guasto
- **D** → impatto sulla consegna dei pezzi in caso di possibili guasti sulle macchine
- **S** → impatto sulla sicurezza e sull'ambiente in caso di guasto
- **M** → spirito di partecipazione e coinvolgimento delle persone nelle loro attività quotidiane

Production (P)				Quality (Q)		
Impact on Production of a possible Machine Failure				Impact on Quality of a possible Machine Failure		
1 Machine stop	2 Delivery position	3 Lot	4 Impact of Part	5 Scrap rate	6 Production order	7 Production loss
Cost (C)				Delivery (D)		
Impact on Cost of a possible Machine Failure				Impact on Delivery of parts of a possible Machine Failure		
8 Cost of Machine stop	9 Cost of Machine stop (external customer)	10 Number of product (Breakdowns)	11 Energy loss	12 Existence and size of faults		
Safety and Environment (S)				Moral (M)		
Impact on Safety and Environment of a possible Machine Failure				Number of kaizen done		
13 Safety risk in case of Breakdown		14 Environmental impact in case of Breakdown		15 Kaizen number done at the beginning of the activities		

**Figura 8:** Metodo PQDCS&M [14]

Come riportato nella Figura 8, ogni criterio è composto da 15 sottogruppi chiamati “elementi”, i quali sono:

1. *Utilizzo della macchina*
2. *Disponibilità del backup*
3. *OEE (Overall Equipment Effectiveness)*
4. *Impatto sull’impianto*
5. *Tipi di reclami*
6. *Rilevamento del difetto*

7. *Costi di rilavorazione*
8. *Costi di mantenimento delle condizioni di base (Manutenzione Autonoma)*
9. *Costi di mantenimento delle condizioni di base (fornitore esterno)*
10. *Impatto sui costi per la manutenzione*
11. *Perdite di energia*
12. *Buffer intermedi*
13. *Sicurezza in caso di guasto*
14. *Impatto ambientale in caso di guasto*
15. *Valutazione del numero di kaizen realizzati dall'inizio delle attività*

### 3.3 La gestione dei ricambi e del box della manutenzione

Quando ci si trova a dover organizzare e pianificare un piano manutentivo accurato non bisogna concentrarsi e focalizzarsi solo nell'organizzazione delle attività di ripristino e di riparazione dei guasti, ma bisogna essere in grado di organizzare anche tutte le altre componenti che sono essenziali per raggiungere gli obiettivi della manutenzione programmata.

Questi componenti sono:

- la gestione dei ricambi
- la gestione del box della manutenzione

#### 3.3.1 La gestione dei ricambi

La gestione dei ricambi e dei materiali risulta avere un ruolo fondamentale nel supportare l'esecuzione delle attività di manutenzione programmata e nel garantire la disponibilità degli impianti.

Una corretta gestione dei ricambi deve soddisfare 2 esigenze fondamentali:

1. avere il componente in magazzino
2. garantire l'acquisto rapido dei ricambi

La gestione dei ricambi ha obiettivi contrastanti:

- mantenere basso l'investimento
- assicurare che i ricambi siano sempre disponibili

Per massimizzare i livelli di scorte dei ricambi in magazzino manutenzione, si possono:

- **utilizzare tecniche appropriate** → per prevedere l'andamento delle scorte
- **stipulare accordi quadro con i fornitori** → per l'acquisto di ricambi con tempi di consegna ridotti

Una corretta gestione dei pezzi di ricambio, necessari per svolgere una corretta attività di manutenzione programmata, si compone di 7 fasi:

- Fase 1: Ordinare
- Fase 2: Stabilire la politica di gestione dei ricambi
- Fase 3: Mettere in ordine i ricambi
- Fase 4: Determinare la quantità di ciascun ricambio da conservare
- Fase 5: Stabilire un sistema di gestione visiva del magazzino manutenzione
- Fase 6: Stabilire un sistema informatizzato di gestione dei ricambi
- Fase 7: Standardizzare i ricambi

Per il monitoraggio e il controllo della gestione dei pezzi di ricambio per la manutenzione si hanno a disposizione diversi indicatori, che possono essere applicati a tutte le famiglie di pezzi di ricambio o solo ad alcune di esse, i quali sono:

- **Effetto della manutenzione:** percentuale tra il valore dei ricambi che servono per la manutenzione e il valore totale dei ricambi presenti in magazzino

$$IRL \text{ (Indice del livello di riordino)} = \frac{\text{Valore del magazzino a livello di riordino}}{\text{Valore totale del magazzino di manutenzione}}$$

- **Politica di gestione del magazzino:** percentuale tra il valore del magazzino di sicurezza e il valore totale del magazzino

$$IM \text{ (Indice dei ricambi di manutenzione)} = \frac{\text{Valore del magazzino di manutenzione}}{\text{Valore totale del magazzino dell'impianto}}$$

- **Applicazione:** percentuale tra il valore del magazzino non utilizzato durante due anni e il valore totale del magazzino

$$INU \text{ (Indice di non utilizzo)} = \frac{\text{Valore del magazzino non utilizzato negli ultimi 2 anni}}{\text{Valore totale del magazzino di manutenzione}}$$

- **Tempo di rotazione:** secondo la **normativa UNI 10749-4-A1** è il numero di mesi necessari per completare la sostituzione totale dei ricambi; è il risultato della differenza tra il magazzino finale e quello iniziale del periodo moltiplicato per il numero di mesi del periodo considerato, e infine tutto diviso per il doppio del valore di consumo.

$$IR \text{ (Tempo di rotazione)} = \frac{(\text{Magazzino finale} - \text{Magazzino iniziale}) * \text{Numero di mesi di riferimento}}{2 * \text{Valore del consumo}}$$

### 3.3.2 La gestione del box della manutenzione

La gestione del box della manutenzione ha come obiettivo quello di:

- Trovare rapidamente qualsiasi oggetto o pezzo di ricambio
- Ripristinare rapidamente l'ordine di lavoro dopo un intervento di manutenzione
- Evitare dei danni alle attrezzature e ai pezzi di ricambio
- Evitare infortuni o incidenti
- Gestione visiva della presenza o dell'assenza degli articoli
- Allineamento del box allo standard di manutenzione di ordine e pulizia del resto dello stabilimento

- Condivisione di attrezzature e pezzi di ricambio tra tutti i membri del team di manutenzione
- Mantenere i risultati ottenuti senza necessità di effettuare delle misure speciali per la pulizia e il riordino

Una cattiva gestione del box della manutenzione comporta numerose conseguenze sull'efficienza, sulla sicurezza, sull'immagine dell'impianto e sui costi della manutenzione con i seguenti problemi:

- La gestione disordinata delle attrezzature, dei ricambi e degli hardware comporta un aumento del valore di 2 indici fondamentali, quali:
  - 1) *MTTR* → aumento causato da un alto tempo di ricerca
  - 2) *MTBF* → aumento causato dall'assemblaggio di un componente sbagliato
- Possibili pezzi di ricambio danneggiati perché conservati in modo errato comporta un aumento del:
  - 1) *MTTR* → quando viene utilizzata una scheda funzionante per trovare la causa del guasto delle macchine
  - 2) *MTBF* → quando si utilizza una scheda parzialmente danneggiata e il guasto si verifica successivamente
- Possibile presenza di strumenti inefficienti potrebbero aumentare e creare dei problemi di:
  - *MTTR*
  - sicurezza

- Materiali impilati potrebbero creare dei problemi in termini di sicurezza
- Una situazione di disordine generale potrebbe danneggiare l'immagine dell'impianto perché:
  - 1) Negli ultimi anni l'impianto ha avuto un miglioramento più rapido rispetto al box della manutenzione
  - 2) Se alla Produzione viene richiesto di pulire le macchine, per coerenza anche il box della manutenzione deve essere mantenuto pulito e ordinato

All'aumentare degli strumenti acquistati e che si hanno a disposizione si ha un aumento dei costi di manutenzione.

### 3.4 Processo di pianificazione di un piano di manutenzione professionale PM programmata

La pianificazione e l'organizzazione di un efficiente ed efficace piano di manutenzione professionale PM programmata si sviluppa intorno a 7 passaggi fondamentali, che sono riportati in Figura 9.



**Figura 9:** I 7 passaggi della manutenzione programmata [17]

### 3.4.1 Fase 1: Creare un elenco delle risorse

Il primo passo è quello di creare un elenco delle risorse che costituiscono l'asset su cui bisogna intervenire con delle attività di manutenzione programmata → Per ogni risorsa è utile specificare alcuni dati, tra cui:

- Il fabbricante o l'azienda produttrice
- Il codice identificativo
- La descrizione
- La localizzazione
- Le specifiche del modello e il numero seriale
- La data di realizzazione e di installazione
- Il prezzo d'acquisto
- Le condizioni attuali
- Le criticità rilevate
- La data dell'ultimo intervento
- La data del prossimo intervento pianificato

Per comprendere in modo oggettivo le caratteristiche, le prestazioni e lo stato dei vari macchinari e delle varie attrezzature, è necessario monitorare e analizzare in modo sistematico i KPI (Key Performance Indicators) e i KAI (Key Activity Indicators) relativi alla manutenzione preventiva.

#### **KPI**

Forniscono una misura quantitativa delle prestazioni del sistema manutentivo e dell'affidabilità delle macchine. Tra i principali indicatori rientrano:

- Numero di guasti
- MTBF (Mean Time Between Failures)
- MTTR (Mean Time To Repair)

- Tempo tra due guasti consecutivi per singolo componente
- OEE (Overall Equipment Effectiveness)

## KAI

Permettono di valutare il livello di attività e l'efficacia delle azioni manutentive svolte. Tra questi figurano:

- Il numero di EWO (Emergency Work Orders)
- La stratificazione delle attività di manutenzione in termini di ore
- Il numero di Quick Kaizen in ambito manutentivo
- Il numero di TAG chiusi dalla manutenzione

Le attività di manutenzione preventiva devono essere strettamente correlate all'andamento di KPI e KAI, in modo da garantire un approccio basato sui dati e orientato al miglioramento continuo.

## MTTR

Rappresenta un indicatore di manutenibilità e misura il tempo medio necessario per riparare un guasto. Esso è calcolato, come mostrato in Figura 10, come il rapporto tra il tempo totale di riparazione e il numero totale di guasti verificatisi in un determinato periodo. Il tempo di riparazione include tutte le fasi che intercorrono tra la rilevazione del guasto e il ripristino della macchina, quali la segnalazione dell'anomalia, la diagnosi, il recupero dei ricambi, lo smontaggio, la riparazione o sostituzione del componente e il riavvio della produzione.

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^{N_{breakdown}} TTR_i}{N_{breakdowns}}$$

**Figura 10:** MTTR [14]

## MTBF

Il MTBF è invece un indicatore di affidabilità e rappresenta il tempo operativo medio tra due guasti consecutivi. Secondo la definizione riportata nella norma EN 13306:2003, è calcolato, come riportato in Figura 11, come il tempo totale di funzionamento, al netto dei tempi di fermo, diviso per il numero totale di guasti. Tale indicatore deve essere espresso in ore e consente di stimare il comportamento probabilistico del sistema nel tempo.

$$MTBF = \left\{ \begin{array}{ll} i=0 \rightarrow & \text{Not Available} \\ i=1 \rightarrow & TTF \\ i \geq 2 \rightarrow & \frac{\sum_{i=2}^{N_{\text{Breakdowns}}} (T_{\text{Planned Production}} - T_{\text{Breakdown}})_i}{N_{\text{Breakdowns}}} \end{array} \right\} \text{ (time\_to\_failure)}$$

**Figura 11:** MTBF [14]

## OEE

L'OEE misura l'efficacia complessiva dell'attrezzatura ed è ottenuto, come mostrato in Figura 12, come prodotto di tre indici di efficienza:

- Perdite dovute ad altre cause (M)
- Disponibilità dell'equipaggiamento (A)
- Prestazioni dell'equipaggiamento (P)
- Qualità del prodotto (Q)

$$OEE = (M * A * P * Q) * 100$$

**Figura 12:** OEE [14]

dove i vari indici si calcolano con le seguenti formule mostrate in Figura 13:

$$M = \frac{PPT - T_{OtherLosses}}{PPT} = \frac{RAT}{PPT}$$

$$A = \frac{RAT - T_{downtime}}{RAT} = \frac{OT}{RAT}$$

$$P = \frac{OT - T_{Speed\_Losses}}{OT} = \frac{NOT}{OT}$$

$$Q = \frac{NOT - T_{Quality}}{NOT} = \frac{FPT}{NOT}$$

**Figura 13:** Formule M,A,P,Q [14]

dove:

PPT = Tempo di Produzione Programmata

RAT = Tempo Reale Disponibile

OT = Tempo di Funzionamento o Disponibilità Tecnica

NOT = Tempo Netto di Funzionamento

FPT = Tempo Pienamente Produttivo

L'OEE può essere espresso sia in termini di tempo (Figura 14), sia in termini di pezzi prodotti conformi (Figura 15), fornendo una visione completa delle prestazioni dell'impianto.

In termini di tempo:

$$OEE = \frac{\text{CycleTime} * N^{\circ} \text{ good pieces}}{\text{PlannedProductionTime}} * 100 = \frac{\text{Tempo\_to produce good pieces}}{\text{PlannedProductionTime}} * 100$$

**Figura 14:** OEE in termini di tempo [14]

In termini di pezzi:

$$OEE = \frac{N^{\circ}_{\text{good pieces}}}{N^{\circ}_{\text{Tot\_produdble pieces}}} * 100$$

**Figura 15:** OEE in termini di pezzi [14]

## **EWO**

L'EWO (Emergency Work Order) è un documento (Figura 16) che viene utilizzato in ambito manutentivo per il miglioramento delle attività manutentive quando si ha come scopo quello di passare da una manutenzione a guasto ad una manutenzione preventiva o predittiva.

N° Documento		Bolla per intervento a guasto (EWO)																																																																																																																																													
N.ro Ordine di lavoro TEROTECH:		Data	Turno	Manutentori:			Inizio Guasto (ora)	Tempo attesa prima di chiamare Manut. (min)	Tempo di arrivo di manut. (min)	Tempo di diagnosi (min)	Tempo di disassemblaggio (min)	Tempo di arrivo del ricambio (min)	Tempo di assemblaggio (min)	Tempo di start-up (min)	Fine guasto (Ora)																																																																																																																																
Macchina:		Linea:	G.I	OP	Tipo Guasto:	Totale	Parziale																																																																																																																																								
Intervento	Descrizione del guasto con eventuale schizzo						Descrizione intervento (se provvisorio indicare cosa fare per completarlo)																																																																																																																																								
							Intervento: <input type="checkbox"/> Provvisorio <input type="checkbox"/> Definitivo																																																																																																																																								
						Ricambi utilizzati																																																																																																																																									
Analisi della causa radice																																																																																																																																															
Definizione del problema e analisi della causa radice	Analisi 5W + 1H																																																																																																																																														
	Chi cosa (what)	Cosa è successo? (È possibile riprodurre il problema?) Qual è il problema?																																																																																																																																													
	Quando (when)	Quando è accaduto il problema? In quale fase dell'operazione (startup, durante la marcia, problema intermittente, fermata, cambio tipo)? In quale data e ora? Durante quale spostamento?																																																																																																																																													
	Dove (where)	Dov'è possibile vedere il problema? In quale sottogruppo, processo prodotto, materiale è stato riscontrato il problema/fenomeno? Qual è la causa del problema/fenomeno?																																																																																																																																													
	Chi (who)	Chi può generare il problema? Tutti quanti o è un problema riguardante una singola e specifica squadra? (Se fosse così, quali informazioni possono fornire?) È un problema relativo alle conoscenze o competenze?																																																																																																																																													
	Quale (which)	Quale trend o schema segue il problema/fenomeno? Ad esempio il problema accade più frequentemente il lunedì mattina? Dopo un change over o causale? È legato a qualsiasi variabile di processo? Quali fattori influenzano ciò che accade?																																																																																																																																													
Come (how)	Come accade il problema/fenomeno? Qual è stata la sequenza degli avvenimenti cambiati rispetto alle condizioni standard/normali?																																																																																																																																														
programma plc che gestisce rulliera non corretto/non presente																																																																																																																																															
Lista possibili cause (Usare modulo 5 Perché sul retro del foglio)																																																																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">E</th> <th colspan="2">Non a</th> <th colspan="12">Tipo di Causa radice</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="12"> <div style="text-align: center;">           Scarsa robustezza    Sollecitazioni eccessive    Degrado         </div> </td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="12"> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">1. Influenze esterne</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">2. Errore Umano <input type="checkbox"/> Conduttore / Operatore <input type="checkbox"/> Manutentore</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">3. Debolezza di progetto</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">4. Manutenzione insufficiente</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">5. Mancata osservanza delle condizioni operative (velocità, pressione, ecc.)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">6. Mancato mantenimento delle condizioni di base (pulizia, lubrificazione, serraggi, ecc.)</div> </div> </td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="12"> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mancato rispetto piano manut. per indisponibilità macchina</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">TWITP + HERCA Mancanza competenza</div> </div> </td> </tr> <tr> <td>4.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="12"> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Eventi accidentali e imprevedibili</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Debolezza Progettazione / Dimensione / Dimensione / Dimensione</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Errore progettuale (Step 3 EEM)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mancato rispetto piano per mancanza tempo/risorse</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mancanza rispetto condizioni di esercizio (FI)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mancato rispetto CIRL per mancanza tempo/risorse</div> </div> </td> </tr> <tr> <td>5.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="12"> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Ricambi inadeguati / difettosi</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Debolezza Procedura</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Errore Costruttivo (Step 4 EEM)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Procedura di manutenzione inefficace</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mancanza controllo condizioni di esercizio (PD)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">CIRL inefficace</div> </div> </td> </tr> <tr> <td>6.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="12"> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Eventi causati da soggetti terzi</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Attitudine / Comportamento / Leadership</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Errore di installazione (Step 5 EEM)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Frequenza insufficiente</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Frequenza CIRL insufficiente</div> </div> </td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="12"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> <span>FI</span> <span>PD</span> <span>FI</span> <span>PM</span> <span>PD/PI</span> <span>AM</span> </div> </td> </tr> </tbody> </table>																E		Non a		Tipo di Causa radice												1.				<div style="text-align: center;">           Scarsa robustezza    Sollecitazioni eccessive    Degrado         </div>												2.				<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">1. Influenze esterne</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">2. Errore Umano <input type="checkbox"/> Conduttore / Operatore <input type="checkbox"/> Manutentore</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">3. Debolezza di progetto</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">4. Manutenzione insufficiente</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">5. Mancata osservanza delle condizioni operative (velocità, pressione, ecc.)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">6. Mancato mantenimento delle condizioni di base (pulizia, lubrificazione, serraggi, ecc.)</div> </div>												3.				<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mancato rispetto piano manut. per indisponibilità macchina</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">TWITP + HERCA Mancanza competenza</div> </div>												4.				<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Eventi accidentali e imprevedibili</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Debolezza Progettazione / Dimensione / Dimensione / Dimensione</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Errore progettuale (Step 3 EEM)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mancato rispetto piano per mancanza tempo/risorse</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mancanza rispetto condizioni di esercizio (FI)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mancato rispetto CIRL per mancanza tempo/risorse</div> </div>												5.				<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Ricambi inadeguati / difettosi</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Debolezza Procedura</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Errore Costruttivo (Step 4 EEM)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Procedura di manutenzione inefficace</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mancanza controllo condizioni di esercizio (PD)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">CIRL inefficace</div> </div>												6.				<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Eventi causati da soggetti terzi</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Attitudine / Comportamento / Leadership</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Errore di installazione (Step 5 EEM)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Frequenza insufficiente</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Frequenza CIRL insufficiente</div> </div>																<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> <span>FI</span> <span>PD</span> <span>FI</span> <span>PM</span> <span>PD/PI</span> <span>AM</span> </div>											
E		Non a		Tipo di Causa radice																																																																																																																																											
1.				<div style="text-align: center;">           Scarsa robustezza    Sollecitazioni eccessive    Degrado         </div>																																																																																																																																											
2.				<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">1. Influenze esterne</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">2. Errore Umano <input type="checkbox"/> Conduttore / Operatore <input type="checkbox"/> Manutentore</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">3. Debolezza di progetto</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">4. Manutenzione insufficiente</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">5. Mancata osservanza delle condizioni operative (velocità, pressione, ecc.)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">6. Mancato mantenimento delle condizioni di base (pulizia, lubrificazione, serraggi, ecc.)</div> </div>																																																																																																																																											
3.				<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mancato rispetto piano manut. per indisponibilità macchina</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">TWITP + HERCA Mancanza competenza</div> </div>																																																																																																																																											
4.				<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Eventi accidentali e imprevedibili</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Debolezza Progettazione / Dimensione / Dimensione / Dimensione</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Errore progettuale (Step 3 EEM)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mancato rispetto piano per mancanza tempo/risorse</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mancanza rispetto condizioni di esercizio (FI)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mancato rispetto CIRL per mancanza tempo/risorse</div> </div>																																																																																																																																											
5.				<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Ricambi inadeguati / difettosi</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Debolezza Procedura</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Errore Costruttivo (Step 4 EEM)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Procedura di manutenzione inefficace</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mancanza controllo condizioni di esercizio (PD)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">CIRL inefficace</div> </div>																																																																																																																																											
6.				<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Eventi causati da soggetti terzi</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Attitudine / Comportamento / Leadership</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Errore di installazione (Step 5 EEM)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Frequenza insufficiente</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Frequenza CIRL insufficiente</div> </div>																																																																																																																																											
				<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> <span>FI</span> <span>PD</span> <span>FI</span> <span>PM</span> <span>PD/PI</span> <span>AM</span> </div>																																																																																																																																											
Azioni contro la causa radice				Chi	Quando	Eventuali note e/o schizzo per rappresentare la soluzione trovata																																																																																																																																									
1																																																																																																																																															
2																																																																																																																																															
3																																																																																																																																															
Azioni per il mantenimento				Chi	Quando																																																																																																																																										
1																																																																																																																																															
2																																																																																																																																															
3																																																																																																																																															
Analisi eseguita da:				Risultato:				Verificato da:				Data e firma:																																																																																																																																			

Figura 16: Modulo EWO fronte [26]

Analisi dei 5 Perché						
	1° Perché	2° Perché	3° Perché	4° Perché	5° Perché	
Descrizione del problema						

**Figura 16:** Modulo EWO retro [26]

Con la compilazione della EWO si ha come obiettivo quello di:

- Raccogliere le informazioni riguardanti i guasti per riuscire poi a misurare gli indicatori (KPI) tipici della manutenzione come ad esempio l,MTTR e l'MTBF
- Analizzare i guasti
- Trovare la causa radice che ha generato il guasto
- Definire le contromisure e le azioni adatte per prevenire ed eliminare le cause che hanno generato il guasto

La compilazione spetta a diversi componenti del team della manutenzione, di un'organizzazione, perché deve risultare essere un lavoro di squadra.

Per prima cosa appena i manutentori terminano l'intervento su di una macchina devono compilare questo modulo inserendo tutte le informazioni necessarie per capire cosa è successo, quali sono state le possibili cause

che hanno generato il guasto, i ricambi utilizzati e le attività che hanno svolto per riparare il guasto.

Successivamente i componenti del team di ingegneria della manutenzione raccolgono tutte le informazioni riportate dai manutentori nella EWO e mediante numerose analisi pianificano ed organizzano le attività e le azioni da svolgere in futuro, per evitare e per eliminare la possibilità che il guasto si ripresenti, pianificando delle attività di manutenzione programmata a calendario (PM Calendar).

Il processo di compilazione di una EWO si compone di 4 fasi:

- 1) Fase 1: Compilazione dei dati
- 2) Fase 2: Descrizione del fenomeno
- 3) Fase 3: Analisi delle cause e verifica sul campo
- 4) Fase 4: Definizione della causa radice e delle azioni per eliminarla

Fase 1: Compilazione dei dati

Durante la fase 1 il manutentore compila la parte superiore del modulo EWO (Figura 17), ovvero la parte di raccolta dati per il calcolo dei KPI. Questo tipo di informazioni andranno compilate in parte al momento del guasto, in parte al termine dell'intervento.

Bolla per intervento a guasto (EWO)																	
N.ro Documento		N.ro Ordine di lavoro TEROTECH:		Data	Turno	Manutentori:			Inizio Guasto (ora)	Tempo attesa prima di chiamare Manut. (min)	Tempo di arrivo di manut. (min)	Tempo di diagnosi (min)	Tempo di disassemblaggio (min)	Tempo di arrivo del ricambio (min)	Tempo di assemblaggio (min)	Tempo di start-up (min)	Fine guasto (Ora)
Macchina:	Linea:	G.I	OP	Tipo Guasto:	Totale	Parziale											

**Figura 17:** Modulo EWO parte superiore [26]

## Fase 2: Descrizione del fenomeno

La fase 2 è quella che aiuta il manutentore a descrivere il fenomeno che ha causato il guasto rispondendo alle domande presenti nella sezione 5W+1H a cui il modulo fa riferimento in questa fase (Figura 18), ossia:

- What (Che cosa?)
- When (Quando?)
- Where (Dove?)
- Who (Chi?)
- Which (Quale?)
- How (Come?)

Analisi della causa radice		
alla causa radice	<b>Analisi 5W + 1H</b>	
	Che cosa (what)	Cosa è successo? (È possibile riprodurre il problema?) Qual è il problema?
	Quando (when)	Quando è accaduto il problema? In quale fase dell'operazione (startup, durante la marcia, problema intermittente, fermata, cambio tipo)? In quale data e ora? Durante quale spostamento
	Dove (where)	Dov'è possibile vedere il problema? In quale sottogruppo, processo prodotto, materiale è stato riscontrato il problema/fenomeno? Qual è la causa del problema/fenomeno?
	Chi (who)	Chi può generare il problema? Tutti quanti o è un problema riguardante una singola e specifica squadra? (Se fosse così, quali informazioni possono fornire?) È un problema relativo alle conoscenze o competenze
	Quale (which)	Quale trend o schema segue il problema/fenomeno? Ad esempio il problema accade più frequentemente il lunedì mattina? Dopo un change over o causale? È legato a qualsiasi variabile di processo? Quali fattori influenzano ciò che accade?
	Come (how)	Come accade il problema/fenomeno? Qual è stata la sequenza degli avvenimenti cambiati rispetto alle condizioni standard/normali?

**Figura 18:** Analisi dei 5W + 1H [26]

## Fase 3: Analisi delle cause e verifica sul campo

Questa fase deve essere fatta dopo aver riparato il guasto e dopo aver ripristinato l'impianto, quando la pressione della ripartenza si è allentata e si sono raccolte informazioni non soltanto sul fenomeno ma anche su che cosa è stato fatto per far ripartire l'impianto.

Il manutentore che è intervenuto risulta essere la figura chiave dell'analisi, che necessita di 3 tipi di supporto:

- 1) **Supporto tecnico:** sulla base delle sue competenze, è conveniente coinvolgere qualche altra figura tecnica che possa essere complementare alla sua. Ad esempio, se serve comprendere meglio il funzionamento dell'impianto si coinvolgerà un manutentore

elettrico se chi è intervenuto è prettamente meccanico, piuttosto che il coinvolgimento dell'ingegnere di processo

- 2) **Supporto metodologico:** è importante non fermarsi alla prima causa trovata, così come è importante non arrivare alla soluzione che già si aveva in testa in partenza. Per fare questo, il team di ingegneria della manutenzione deve coinvolgere una persona che abbia esperienza di applicazione di successo dello strumento e che abbia chiari in mente i passi da compiere
  
- 3) **Supporto di approccio:** è utile avere nel team di manutenzione una figura non tecnica, ossia qualcuno che non conosce il funzionamento dell'impianto. Sarà colui che farà le domande "stupide", ovvero quei quesiti preziosi e utili durante una fase di brainstorming

Fase 4: Definizione della causa radice e delle azioni per eliminarla

Questa ultima parte dell'analisi EWO è una diretta conseguenza delle fasi precedenti. Se svolta bene la verifica operativa delle cause identificate, facilmente si arriverà a definire quale risulta essere la causa radice del guasto.

Si ha la compilazione della parte inferiore del modulo EWO (Figura 20), da parte del team di ingegneria della manutenzione, dove successivamente alla raccolta di tutte le informazioni riportate dai manutentori nella EWO e mediante numerose analisi che vengono riportate nell'apposita sezione del documento (Figura 19), si ha la pianificazione e l'organizzazione delle attività e delle azioni da svolgere in futuro, per evitare e per eliminare la possibilità che il guasto si ripresenti, pianificando delle attività di manutenzione programmata a calendario (PM Calendar). [20]

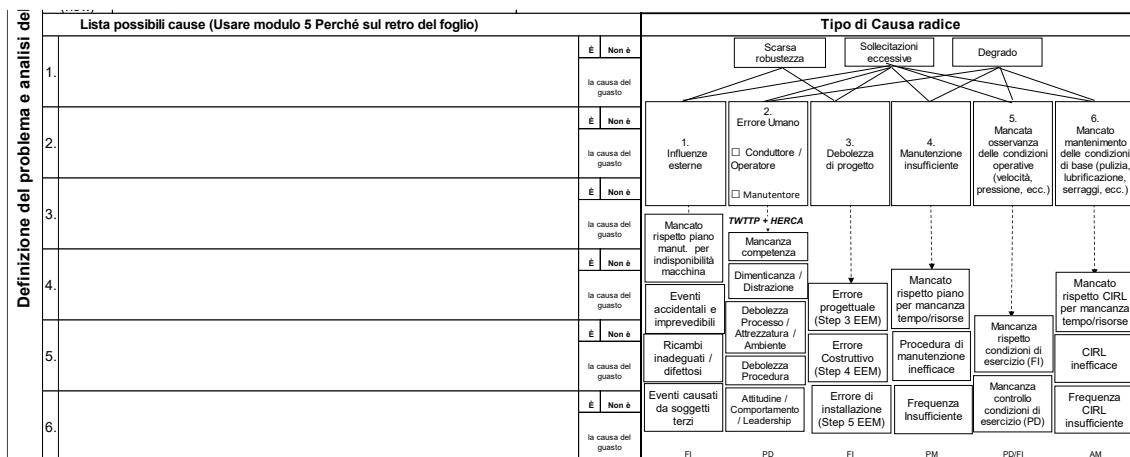


Figura 19: Modulo EWO lista possibili cause [26]

Azioni contro la causa radice			Chi	Quando	Eventuali note e/o schizzo per rappresentare la soluzione trovata
1					
2					
3					
Azioni per il mantenimento			Chi	Quando	
1					
2					
3					
Analisi eseguita da:		Risultato:		Verificato da:	Data e firma:

Figura 20: Modulo EWO parte inferiore [26]

## QUICK KAIZEN

Il Quick Kaizen è una metodologia di miglioramento continuo applicata per risolvere problemi specifici in tempi brevi. Deriva dal concetto giapponese “Kaizen” ossia “cambiare in meglio”, si concentra su azioni semplici, facilmente implementabili e a basso costo, che generano un impatto immediato sui processi produttivi e industriali.

L'efficacia di questa metodologia si basa su alcuni principi chiave, quali:

- Il coinvolgimento diretto degli operatori di linea
- L'identificazione rapida del problema e della causa radice
- L'intervento immediato con soluzioni pratiche
- Il monitoraggio dei risultati ottenuti
- La replicabilità del miglioramento in altri reparti

L'obiettivo è quello di favorire la cultura del miglioramento continuo senza attendere lunghi cicli di analisi o approvazioni che potrebbero rallentare o bloccare il cambiamento.

La corretta applicazione del Quick Kaizen, in ambito produttivo e industriale, si ottiene seguendo una sequenza di azioni ben definita:

1. Identificazione di un problema evidente sul campo (ad esempio uno scarto, un'inefficienza o un rallentamento);
2. Osservazione diretta del processo per comprenderne le cause;
3. Coinvolgimento di tutto il team operativo nella proposta di soluzioni pratiche;
4. Intervento testato in tempi rapidi;
5. Misurazione dell'effetto del cambiamento in termini di tempi, qualità o costi;

Adottare questa metodologia può portare benefici notevoli a livello di performance aziendale. Infatti, tra i principali vantaggi ci sono:

- riduzione degli sprechi (lean thinking)
- maggiore reattività ai problemi operativi
- crescita del coinvolgimento del personale
- miglioramento della qualità di prodotto e processo
- incremento della competitività sul mercato

A differenza della metodologia Lean Kaizen precedentemente trattata, la metodologia Quick Kaizen si caratterizza per:

- La rapidità d'azione (soluzioni entro 24-48 ore)
- Il focus su problemi locali e specifici

- Il basso impatto di costi e risorse
- La maggiore autonomia operativa del team

Entrambe le metodologie si integrano nella filosofia Lean, ma il Quick Kaizen è ideale quando si ha bisogno di approccio e di un risultato immediato. [21]

## **TAG**

Il TAG è uno strumento fondamentale per:

- garantire la sicurezza e la continuità operativa degli impianti
- segnalare condizioni che potrebbero rappresentare un pericolo
- prevenire situazioni potenzialmente pericolose, riducendo il rischio di incidenti e infortuni sul lavoro

Il processo di creazione di un TAG si compone di varie fasi e coinvolge il compilatore, che di solito risulta essere un capo reparto o un operatore di produzione, e il team di ingegneria della manutenzione; il TAG può essere compilato in 2 modi:

- 1) manualmente utilizzando l'apposito modulo (Figura 21) che verrà poi applicato sulle macchine in degrado
- 2) caricamento della segnalazione di degrado macchina sul software gestionale della manutenzione con lo scopo di avere un Database e uno storico di tutte le segnalazioni e di tutti gli interventi effettuati (Figura 22)

PM tag:

Progressive n° of tag

Name of the author

Date and shift of creation

Machine where the anomaly is found

Kind of anomaly

Details on machine part and anomaly

To be filled-in by anyone finding an anomaly

To be filled-in by the person solving the anomaly

Date and name of the intervention

Details of the intervention done

**Figura 21: Cartellino TAG [14]**

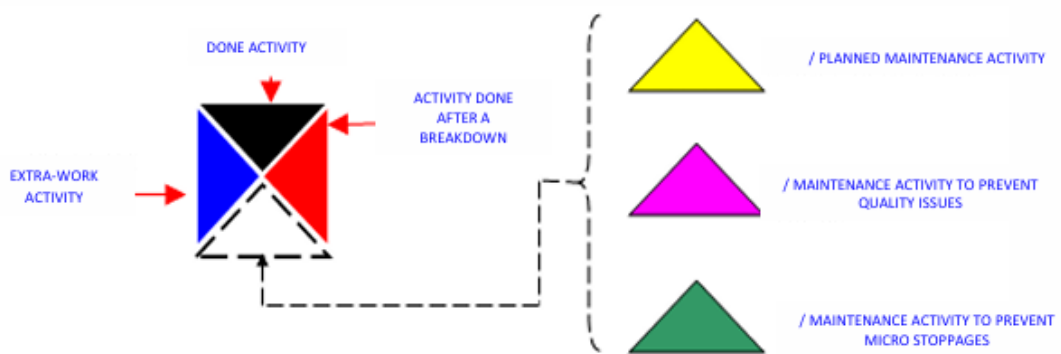
**Figura 22: TAG TEROTECH [26]**

Le fasi del processo sono:

- 1) Il compilatore compila il TAG e lo invia al team di ingegneria della manutenzione
- 2) Il team di ingegneria della manutenzione verifica e analizza tutte le informazioni presenti nel TAG e chiude il TAG pianificando le attività di intervento

- 3) Il team di ingegneria della manutenzione si occupa di eventuali estensioni del TAG [22]

Per evidenziare e segnalare le attività che affrontano problemi di qualità o macchinari, attrezzature che lavorano in condizioni di degrado, è stato introdotto questo codice colore (Figura 23) che viene inserito sul cartellino TAG:



**Figura 23:** Codice colore TAG [14]

dove:

- Colore blu → Attività straordinaria
- Colore nero → Attività completata
- Colore rosso → Attività svolta dopo un guasto
- Colore giallo → Attività di manutenzione programmata
- Colore lilla → Attività di manutenzione per prevenire problemi di qualità
- Colore verde → Attività di manutenzione per prevenire microfermi

### 3.4.2 Fase 2: Individuazione delle risorse da inserire nel piano manutentivo

Il secondo passo è quello di individuare quale risorsa rientra nelle attività di manutenzione programmata prendendo in considerazione diverse variabili e diversi fattori, quali:

- L'analisi dei costi/benefici
- L'analisi delle criticità
- Il calcolo del ROI (*Return on Investment*)
- I tempi di inattività
- I costi di manutenzione
- La frequenza delle riparazioni

#### **Analisi dei costi/benefici**

L'analisi costi/benefici, definita anche come il rapporto B/C, serve a comprendere se i costi del progetto/miglioramento sono inferiori ai benefici ottenuti in un anno.

Benefici: somma di tutte le perdite eliminate e dei costi evitati.

Costi: somma dei costi necessari per raggiungere gli obiettivi fissati.

Se:

- **rapporto  $B/C > 1$**  → il progetto ha un ritorno entro l'anno e quindi il progetto è redditizio
- **rapporto  $B/C < 1$**  → il progetto non è redditizio e quindi non è utile realizzare il progetto se non è possibile ottenere un aumento dei benefici o una riduzione dei costi

In alcuni casi, anche progetti con un rapporto  $B/C < 1$  possono essere realizzati perché hanno un impatto in altre aree anche senza apportare

benefici economici, come ad esempio i progetti per migliorare la sicurezza all'interno dell'impianto.

### **Calcolo del ROI (Return Of Investment)**

Il calcolo del ROI (Return Of Investment) risulta essere fondamentale per valutare l'efficacia delle attività di manutenzione rispetto ai costi sostenuti.

Per calcolarlo si utilizza la seguente formula:

$$ROI = \frac{Utile\ operativo}{Capitale\ investito} * 100 [\%]$$

dove il processo per determinarlo si sviluppa mediante:

- **Identificazione dei costi:** distinzione tra i costi diretti (materiali, manutenzione, personale) e i costi indiretti (risorse umane, tempo di manutenzione)
- **Calcolo dell'utile operativo:** calcolo dell'utile operativo netto, ossia il guadagno generato direttamente dalle attività di manutenzione
- **Calcolo del capitale investito:** si considera il capitale investito totale, che comprende tutte le risorse impiegate per l'attività di manutenzione

Un ROI positivo indica che la manutenzione ha prodotto un ritorno economico, mentre un ROI negativo evidenzia una perdita.

### **I costi della manutenzione**

I costi della manutenzione possono essere suddivisi in due tipologie:

1. *Costi operativi:* esborso continuo dal budget della manutenzione per il mantenimento dello stato ottenuto
2. *Costo una tantum:* esborso di una parte del budget della manutenzione per determinate attività in un'unica volta

Nell'identificazione dei costi della manutenzione vengono prese in considerazione le seguenti voci:

- Ore di lavoro utilizzate nella formazione moltiplicate per il costo orario del lavoro
- Ore del formatore (se interno) moltiplicate per il costo orario del lavoro
- Costo della formazione aziendale
- Costo del materiale didattico
- Costo per ripristinare le condizioni di base
- Costo per ridurre materiali e manodopera
- Costo dovuto a mancata produzione
- Costo dei cicli introdotti durante la fase in corso, contro i guasti verificatisi
- Costo per ridurre le seguenti cause principali di guasto:
  - 1) Miglioramenti dei costi degli impianti FI
  - 2) Ore di formazione PD
  - 3) Costo del ciclo PM dopo l'analisi dei guasti (calcolato su 12 mesi)
  - 4) Cicli di costo AM introdotti dopo l'analisi dei guasti (basato su 12 mesi)
- Costo delle modifiche alle attrezzature
- Costo di nuovi strumenti (es. un nuovo amperometro, termometro senza contatto, ecc.) che permettono di ridurre la manutenzione periodica (TBM)

### 3.4.3 Fase 3: Identificare le attività di manutenzione preventiva

Il terzo passo consiste nell'identificare le attività da includere e da svolgere nel piano di manutenzione programmata, dove ogni risorsa richiede varie e diverse attività manutentive che possono essere soddisfatte seguendo le seguenti regole:

- raccomandazioni del produttore, incluse nei manuali di uso e manutenzione
- storico degli interventi manutentivi
- eventuali rapporti descrittivi dei vari interventi compilati dagli operatori o dai tecnici della manutenzione
- eventuali altri programmi di manutenzione stilati in precedenza
- raccomandazioni di organizzazioni professionali
- requisiti di conformità e normativi

Le attività sono le seguenti:

- Sostituzione
- Lubrificazione
- Ispezione
- Regolazione e settaggio
- Test
- Taratura
- Revisione meccanica, elettrica ed idraulica

e riguardano i seguenti ambiti:

- Definizione dei contenuti degli standard di manutenzione
- Preparazione delle procedure standard per la manutenzione periodica
- Pianificazione delle attività di manutenzione
- Monitoraggio delle prestazioni
- Identificazione delle contromisure

#### 3.4.4 Fase 4: Determinare la frequenza degli interventi

Il quarto passo consiste nel determinare la frequenza degli interventi, perché per poter definire programmata o pianificata un'attività di

manutenzione è necessario che la frequenza con cui vengono realizzati gli interventi sia tale da prevenire l'insorgenza di un eventuale guasto. Per questo motivo è fondamentale definire ogni quanto tempo realizzare i vari tipi di intervento, per farlo è possibile fare riferimento a diversi intervalli basati su:

- Tempo → frequenza quotidiana; settimanale; mensile; trimestrale; semestrale o annuale;
- Utilizzo → frequenze riferite alle ore di esecuzione; alle unità prodotte o ad altre misurazioni che indichino che uso si fa di quella determinata risorsa;

### 3.4.5 Fase 5: Creare il piano della manutenzione

Il quinto passo consiste nella creazione del piano di manutenzione che sarà utilizzato da tutto il team dei tecnici e degli operatori responsabili della manutenzione. Per redigerlo è sempre meglio affidarsi a specifici Facility Management Software (FMS) che aiutano:

- nella pianificazione della manutenzione
- nel tracciamento delle attività
- nella gestione delle problematiche

Nel caso studio, trattato nel Capitolo 4, si parlerà del Software Gestionale TEROTECH, software utilizzato per la gestione dei guasti dei CDL (Centri Di Lavoro) e delle Linee di montaggio presenti all'interno dell'azienda in cui ho svolto l'attività di tirocinio ossia lo Stabilimento Case New Holland (CNH) di Modena.

Uno strumento molto utile, per la pianificazione delle attività di manutenzione, è il Calendario PM (Figura 24) ossia il calendario dove vengono segnate le varie attività sui vari Centri Di Lavoro e sulle varie Linee di produzione pianificate dal Team di Manutenzione per una

migliore organizzazione delle attività e per un loro migliore tracciamento, mediante il tracciamento delle attività svolte e non svolte.

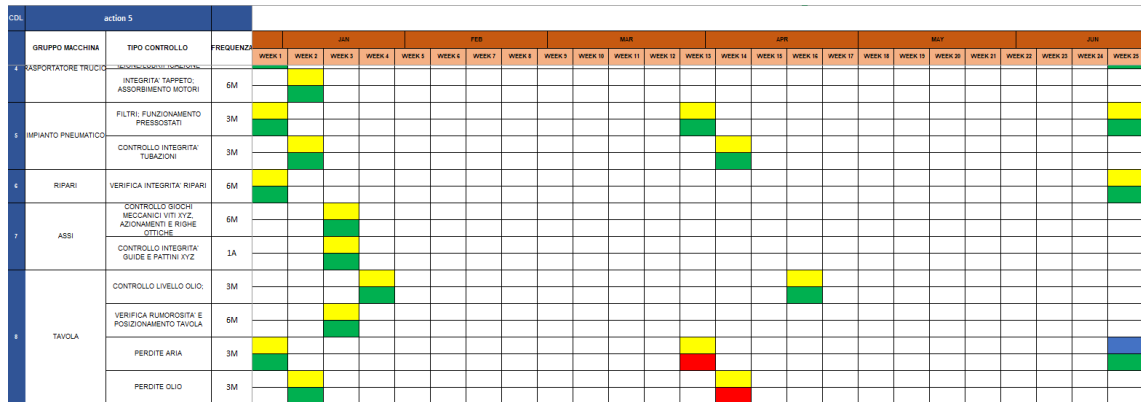


Figura 24: PM CALENDAR [26]

### 3.4.6 Fase 6: Preparare il team della manutenzione

Il sesto passo consiste nel preparare il team di manutenzione, formandolo e preparandolo sulle modalità di intervento, sugli strumenti e sulle attrezzature e sull'utilizzo della tecnologia per acquisire, documentare e aggiornare le varie informazioni;

#### Organizzazione del team di progetto

Il primo passo per una corretta pianificazione delle attività di PM consiste nell'organizzazione del team di progetto. Tale attività è responsabilità del Leader del Pillar PM, che opera con il supporto del Management Team e del Plant Manager.

La definizione del team avviene a livello gestionale e persegue due obiettivi principali:

1. Garantire il raggiungimento dei risultati attesi in termini di affidabilità e prestazioni delle macchine
2. Favorire il massimo coinvolgimento delle risorse dello stabilimento, valorizzandone il know-how e il senso di responsabilità verso le attrezzature

Il team di progetto è composto da diverse figure chiave con ruoli ben definiti. Il Leader del Pillar PM coordina, sviluppa e controlla i progetti di manutenzione secondo la strategia WCM.

I Manager di Unità garantiscono l'impegno delle risorse e supportano le attività di pianificazione e gestione.

Il Leader del Pillar PD contribuisce all'identificazione dei fabbisogni formativi e alla definizione dei piani di sviluppo delle competenze, mentre il Leader CD supporta la definizione delle priorità e la gestione dei dati per il Cost Deployment.

Il Leader FI fornisce supporto metodologico attraverso l'utilizzo di strumenti specifici (come analisi dei guasti, 5S e sistemi di segnalazione), mentre il Leader AM collabora nella gestione della formazione tecnica e nello sviluppo delle attività operative di PM.

A supporto del team operano inoltre specialisti di stabilimento e il supporto WCM, con il compito di facilitare i progetti e garantire la coerenza con le linee guida degli altri pilastri.

### **Valutazione delle competenze e analisi delle lacune**

Una volta definito il team, è necessario procedere alla valutazione delle competenze richieste per lo svolgimento delle attività di PM. Tale valutazione riguarda sia il know-how metodologico del pilastro sia la conoscenza del processo e delle attrezzature. Il processo di analisi delle competenze prevede l'identificazione degli strumenti e delle fasi del pilastro PM, la definizione del livello minimo di competenza richiesto per i membri del team di progetto e la rilevazione del livello effettivamente posseduto da ciascun componente, spesso rappresentata tramite diagrammi radar o strumenti equivalenti.

Un'analoga valutazione viene condotta sulle competenze tecniche relative ai sistemi meccanici, elettrici e idraulici delle macchine, considerando

aspetti quali la posizione, la funzione e il funzionamento dei principali componenti.

Il confronto tra il livello richiesto e quello rilevato consente di individuare eventuali lacune, che costituiscono il punto di partenza per la definizione di piani di recupero mirati.

Le lacune possono essere di natura metodologica, legate alla conoscenza degli strumenti e delle fasi del PM, oppure di natura tecnica, legate al know-how della macchina o del processo.

I piani di recupero hanno l'obiettivo di fornire competenze relative alle corrette condizioni operative delle macchine, alla struttura dei sistemi tecnici, alle funzionalità del processo e al riconoscimento dei sintomi di anomalia.

### **Pianificazione operativa delle attività di PM**

La pianificazione operativa rappresenta la fase in cui la strategia del pillar viene tradotta in azioni concrete.

Essa prevede:

- la definizione delle aree di intervento
- la fissazione degli obiettivi
- l'assegnazione dei compiti
- la costruzione di piani di attività strutturati

La scelta delle aree di attività avviene attribuendo priorità alle attrezzature sulla base della loro classificazione (AA, A, B, C) e delle informazioni fornite dal Cost Deployment più aggiornato, che consente di individuare le principali fonti di perdita. Gli obiettivi devono essere coerenti, misurabili e realistici, e basarsi su una valutazione oggettiva delle condizioni iniziali, come il numero di guasti, l'efficienza globale dell'impianto (OEE) o i consumi energetici.

Una volta definiti gli obiettivi, si procede all'assegnazione dei compiti, individuando per ciascuna area o macchina una persona responsabile. Il piano delle attività viene quindi strutturato su più livelli di dettaglio: un programma generale delle attività di PM, con una visione di medio-lungo periodo, e piani dettagliati per ciascun progetto, nei quali vengono definiti tempi, risorse, responsabilità e sequenza delle operazioni. Tra gli strumenti più efficaci a supporto della pianificazione rientra il diagramma di Gantt, che consente una gestione visiva delle attività e il confronto continuo tra pianificato e realizzato.

### **Preparazione dei materiali e controllo delle attività**

Prima dell'avvio delle attività operative è fondamentale predisporre tutti i materiali necessari, tra cui documentazione tecnica delle macchine, materiali didattici per la formazione, strumenti per la gestione visiva, moduli di registrazione, attrezzature operative e dispositivi per la sicurezza. Particolare attenzione deve essere dedicata all'analisi dei rischi, al fine di prevenire incidenti e garantire condizioni di lavoro sicure per il personale di manutenzione.

#### **3.4.7 Fase 7: Monitorare e modificare il piano manutentivo**

Il settimo e ultimo passo è quello di monitorare l'avanzamento e lo svolgimento delle varie attività di manutenzione programmata e modificare il piano se necessario. L'attività di pianificazione non si ferma solo alla pianificazione iniziale delle attività, ma continua durante la fase di implementazione; Infatti, il piano manutentivo non può essere statico, ma deve evolversi per essere tempestivo e coerente con le variazioni delle condizioni. Per questo motivo risulta essere fondamentale l'aggiornamento, da parte dei componenti del team di manutenzione, degli avanzamenti delle attività di manutenzione programmata svolte, perché il generare report di manutenzione aiuta ad ottimizzare il piano.

L'adattamento del piano manutentivo dipende dalla possibilità e dall'efficacia delle attività di controllo e monitoraggio:

- **Monitoraggio dei progressi** → si monitora il rispetto dei tempi previsti e si registrano eventuali azioni critiche e correttive intraprese
- **Controllo delle modifiche** → gestione delle ripianificazioni dovute ad eventi imprevedibili
- **Controllo dei risultati** → in base agli obiettivi da raggiungere, devono essere effettuate ispezioni periodiche per controllare i progressi

### 3.5 Vantaggi e svantaggi della manutenzione professionale PM programmata

Svolgere delle ispezioni e dei controlli con regolarità permette di non essere colti impreparati da fermi macchina inaspettati; inoltre possono aiutarci a rilevare dei problemi minori che rischiano sul lungo periodo di compromettere l'avanzamento regolare della produttività e di risparmiare budget, che rischierebbe di essere usato in costose operazioni di ripristino di un impianto ormai compromesso.

Attuare un'attività di manutenzione professionale PM programmata comporta i seguenti vantaggi:

- riduzione dei periodi di fermo macchina
- migliore allocazione delle risorse
- migliore gestione del personale
- allungamento del ciclo di vita dei vari componenti delle macchine seguendo i principi della manutenzione preventiva
- riduzione dei tempi e dei costi di manutenzione
- Efficientamento dei livelli di produzione
- implementazione di una cultura di manutenzione proattiva

D'altra parte, come in tutte le cose, la manutenzione programmata presenta anche degli svantaggi, quali:

- Elevati costi di implementazione
- Possibile elevata durata delle attività di manutenzione
- Potenziale manutenzione non necessaria
- Richiesta di personale qualificato
- Alta complessità gestionale
- Presenza di tempi di inattività delle apparecchiature da mantenere
- Manutenzione reattiva ancora necessaria
- Rischio di manutenzione eccessiva
- Implementazione e integrazione con i sistemi software gestionali complessa
- Potenziale declassamento delle attrezzature
- Problemi di allocazione delle risorse
- Necessaria una pianificazione a lungo termine

### 3.6 La Manutenzione 4.0

La manutenzione industriale si basa non solo su pratiche aziendali interne, ma anche su metodologie e standard riconosciuti a livello internazionale che consentono di uniformare processi, garantire la sicurezza e migliorare l'efficienza operativa.

L'adozione di queste metodologie consente alle aziende di confrontarsi su parametri e processi standardizzati, agevola l'integrazione di tecnologie digitali e favorisce l'implementazione di sistemi di manutenzione predittiva e proattiva in linea con i principi dell'Industria 4.0.

Le metodologie e gli standard più diffusi sono:

- *Standard ISO 55000*: standard internazionale per la gestione degli asset fisici. Definisce principi e linee guida per massimizzare il valore degli impianti lungo tutto il loro ciclo di vita

- *Standard ISO 14224*: specifica i requisiti per la raccolta e l'analisi dei dati di affidabilità e manutenzione, molto usata nell'industria petrolifera, energetica e manifatturiera
- *Standard EN 13306*: norma europea che fornisce la terminologia e le definizioni fondamentali in materia di manutenzione, utile per avere un linguaggio tecnico condiviso
- *TPM (Total Productive Maintenance)*: metodologia giapponese che coinvolge direttamente gli operatori di linea nella cura quotidiana delle macchine, con l'obiettivo di ridurre i guasti e aumentare la produttività
- *RCM (Reliability-Centered Maintenance)*: approccio che definisce le strategie di manutenzione sulla base delle criticità e delle funzioni di ciascun asset, ottimizzando i costi e l'affidabilità
- *Root Cause Analysis*: analisi delle cause radice dei guasti
- *FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)*: analisi della modalità di come si è verificato un guasto
- *RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety)*: valutazione dell'affidabilità, della disponibilità, della manutenibilità e della sicurezza

Con l'avvento dell'Industria 4.0, la manutenzione industriale ha subito una trasformazione radicale, passando da un approccio reattivo a un modello intelligente e data-driven, che prevede l'utilizzo di tecnologie digitali che permettono, in tempo reale, di:

- avere sotto controllo e di monitorare lo stato dei macchinari
- analizzare grandi quantità di dati
- programmare interventi mirati

Le principali innovazioni includono:

- *IoT (Internet of Things)*: installazione di sensori intelligenti sugli impianti che raccolgono informazioni su diversi parametri delle macchine come vibrazioni, temperatura, pressione ed altri parametri critici
- *Big Data e Analytics*: sistemi in grado di elaborare grandi volumi di dati storici e in tempo reale per individuare andamenti e anomalie
- *Intelligenza Artificiale e Machine Learning*: algoritmi che analizzano i dati per la previsione dei guasti e l'ottimizzazione dei piani di manutenzione
- *CMMS (Computerized Maintenance Management System)*: software gestionali che centralizzano attività, interventi e scorte di magazzino, migliorando la pianificazione e la tracciabilità
- *Realtà aumentata e realtà virtuale (AR/VR)*: strumenti che supportano i tecnici durante lo svolgimento delle attività di manutenzione, fornendo istruzioni visive e simulazioni immersive
- *Gemello digitale (Digital Twin)*: replica virtuale di un impianto o di un macchinario che consente di simulare scenari e prevedere comportamenti prima che si verifichino nel mondo reale

Un ambito particolarmente rilevante della Manutenzione 4.0 riguarda l'utilizzo dei robot industriali. Questi sistemi, sempre più diffusi nelle linee di produzione automatizzate, richiedono interventi specifici su motori, sensori, attuatori e software di controllo.

Grazie al condition monitoring e all'utilizzo di algoritmi predittivi, risulta possibile:

- la rilevazione di micro-anomalie nei movimenti
- la riduzione dei tempi di inattività
- garantire continuità operativa nelle celle robotizzate

### 3.6.1 Implementazione e vantaggi di un piano di Manutenzione 4.0

Implementare un sistema di manutenzione 4.0 richiede un percorso strutturato che si sviluppa lungo 2 fasi:

**1° Fase → mappatura completa degli impianti aziendali:** è necessario censire tutti i macchinari, identificare quelli critici per il ciclo produttivo e determinare quali parametri monitorare, perchè non tutti gli impianti giustificano l'investimento in sensori avanzati; infatti, la priorità va data a quelli il cui fermo ha l'impatto maggiore sulla produzione o comporta rischi per la sicurezza

**2° Fase → installazione dei sensori e configurazione della piattaforma software:** la fase più delicata è quella della calibrazione iniziale: il sistema deve apprendere quali sono i parametri di funzionamento normale dell'impianto per poter poi identificare le deviazioni. Questo richiede un periodo di osservazione durante il quale l'impianto opera in condizioni standard

L'adozione di un piano di manutenzione 4.0 comporta numerosi vantaggi, quali:

- riduzione dei fermi macchina con percentuali che possono raggiungere l'80% rispetto a una gestione puramente reattiva
- maggiore continuità produttiva, maggiore capacità di rispettare le scadenze e maggiore flessibilità nell'accettare nuovi ordini
- ottimizzazione dei costi di manutenzione. Sapere con precisione quando un componente necessita di sostituzione permette di pianificare gli acquisti, evitando sia gli acquisti d'urgenza a prezzi maggiorati sia l'accumulo di scorte eccessive di ricambi. Inoltre, intervenire prima del guasto completo spesso permette di sostituire

solo il componente usurato anziché dover riparare danni a cascata su altri sistemi

- Miglioramento della sicurezza sul lavoro, dove gli impianti monitorati costantemente presentano meno rischi di guasti improvvisi che potrebbero mettere in pericolo gli operatori. La conformità normativa è più facile da garantire, grazie alla tracciabilità completa di tutti gli interventi e alla disponibilità di reportistica dettagliata per eventuali ispezioni
- Miglioramento dal punto di vista della sostenibilità ambientale, dove impianti ben mantenuti consumano meno energia e producono meno scarti. Un compressore che funziona in modo ottimale può consumare fino al 20% in meno rispetto a uno usurato. Motori elettrici, pompe, sistemi di climatizzazione: tutti questi sistemi perdono efficienza con il degrado e un monitoraggio accurato permette di mantenerli sempre ai massimi livelli prestazionali
- Allungamento della vita utile degli impianti, dove macchinari curati e mantenuti in modo intelligente possono durare il 30-40% in più rispetto a quelli gestiti in modo reattivo, posticipando investimenti importanti in nuove tecnologie e permettendo all'azienda di ammortizzare meglio i costi [18]

### 3.6.2 Sistemi IoT e Intelligenza Artificiale nell'Industria 4.0

Tradizionalmente le aziende adottano tecniche di manutenzione reattiva o preventiva, intervenendo solo dopo il verificarsi di un guasto o seguendo un piano manutentivo programmato con delle attività già calendarizzate. Tuttavia, questi metodi spesso risultano inefficienti, perché presentano dei costi elevati e dei tempi di inattività non pianificati che possono compromettere la produttività.

Nell'era dell'Industria 4.0, la manutenzione predittiva o programmata stanno diventando sempre più un elemento cruciale per garantire l'efficienza e la continuità operativa degli impianti industriali.

L'evoluzione più avanzata di questa tecnologia integra algoritmi di machine learning, piattaforme di intelligenza artificiale (AI), che imparano dai dati storici dell'impianto, e sensoristica IoT che stanno trasformando il modo in cui le aziende monitorano e gestiscono le loro risorse, portando ad una riduzione significativa dei fermi macchina non programmati.

Tuttavia, la tecnologia da sola non basta, infatti l'efficacia della manutenzione 4.0 dipende dalla qualità dell'organizzazione, perchè il sistema di monitoraggio più sofisticato è inutile se non è supportato da procedure chiare, responsabilità definite e da una pianificazione delle attività di manutenzione strutturata ed efficace.

Questo processo manutentivo si basa sull'analisi in tempo reale dei dati provenienti dai sensori IoT installati sui macchinari, che monitorano costantemente diversi parametri utili per la manutenzione come:

- Vibrazioni
- Temperatura
- Rumore
- consumo energetico

fornendo informazioni dettagliate sullo stato degli impianti.

Quando un parametro inizia a deviare dai valori ottimali, questi sistemi generano un segnale di allarme che identifica un potenziale problema prima che questo si trasformi in guasto.

Nel mentre l'Intelligenza Artificiale (AI) analizza questi dati per identificare trend e anomalie, prevedendo possibili guasti prima che si verifichino e consentendo interventi manutentivi tempestivi.

Adottare questa tecnica manutentiva può portare a una riduzione del 40% dei fermi macchina non previsti in un'azienda manifatturiera, questo grazie alla capacità della piattaforma di rilevare in anticipo i segnali di

malfunzionamento, come sbilanciamenti o disallineamenti, che potrebbero causare dei guasti improvvisi.

Inoltre, se la tipologia di sensori IoT installati sui diversi macchinari sono di tipo plug-and-play, questi non richiedono cablaggi complessi rendendo la loro installazione semplice e rapida consentendo alle aziende di iniziare a monitorare e controllare lo stato dei vari impianti in tempi brevi, senza la necessità di interventi tecnici complessi.

L'adozione di soluzioni di manutenzione predittiva offre numerosi vantaggi alle aziende:

- Riduzione dei costi operativi
- Aumento della produttività
- Ottimizzazione delle risorse
- Sostenibilità ambientale [19]

Una delle caratteristiche distintive di queste tipologie di sensori e di piattaforme è la loro facilità di implementazione; infatti, sono progettate per essere facilmente integrate nei sistemi esistenti, senza la necessità di competenze tecniche avanzate.

Inoltre, queste piattaforme sono scalabili ossia riescono ad adattarsi alle esigenze specifiche di diverse realtà industriali, passando dalla piccola alla grande impresa manifatturiera. Infatti, le varie piattaforme di Intelligenza Artificiale (AI) offrono dashboard intuitive e forniscono report dettagliati che facilitano la gestione e l'analisi delle performance degli impianti.

L'adozione queste tecnologie non è più una scelta opzionale, ma una necessità per le aziende che desiderano rimanere competitive nel panorama industriale moderno. [8]

L'enfasi sulla manutenzione proattiva aumenterà, in quanto le aziende riconoscono i risparmi sui costi a lungo termine e i vantaggi operativi derivanti dalla prevenzione dei guasti alle apparecchiature piuttosto che dalla loro reazione. La manutenzione rimarrà un fattore chiave nella

gestione degli asset, nell'efficienza operativa e nelle iniziative di sostenibilità. [10]

## Capitolo 4: Caso Studio

### 4.1 La manutenzione pianificata in CNH Industrial Italia S.p.A.

Il progetto relativo all'attività di tirocinio svolta presso il team di ingegneria della manutenzione dello stabilimento CNH Industrial Italia di Modena o CNH Industrial Italia Modena Plant ha riguardato l'implementazione della manutenzione professionale pianificata PM al posto della manutenzione reattiva o a guasto.

Il fine di questo progetto è quello di riuscire ad implementare in maniera efficace ed efficiente una tipologia di manutenzione proattiva o preventiva all'interno del Plant, cercando di pianificare le attività di manutenzione da svolgere sui vari Centri di Lavoro, sulle linee di montaggio e sui vari banchi prova con l'obiettivo di non effettuare più delle attività di manutenzione quando si verifica un determinato guasto, che impatta sulla capacità produttiva e sui costi, ma di riuscire ad evitare che il guasto si verifichi tramite la pianificazione della manutenzione e l'analisi dei dati che si hanno a disposizione per:

- Monitorare lo stato in tempo reale delle varie attrezzature
- Tenere traccia dei vari interventi effettuati su di una determinata macchina per rendere più rapidi ed efficienti gli interventi manutentivi

Le attività che ho svolto durante il tirocinio per l'introduzione e l'implementazione della manutenzione pianificata sono state le seguenti:

- Compilazione e aggiornamento delle KPI Dashboard della manutenzione
- Aggiornamento e pianificazione delle attività manutentive nel PM CALENDAR
- Sviluppo e introduzione all'utilizzo del Software gestionale TEROTECH all'interno del Plant per il tracciamento dei guasti e per una maggiore digitalizzazione della manutenzione

- Compilazione e stesura delle CAR (Capital Appropriation Request)

#### 4.2 CNH Industrial Italia S.p.A. Modena Plant

CNH Industrial Italia S.p.A. è la società italiana facente parte del gruppo CNH Industrial N.V., costituita nel 2012 e resa operativa nel 2013 dopo la fusione di CNH Global con Fiat Industrial.

CNH Industrial N.V. è un'azienda globale che opera nel settore dei capital goods, specializzata in attrezzature e servizi per l'agricoltura e l'edilizia. L'azienda opera commercialmente attraverso il proprio portfolio di marchi che comprende Case IH, New Holland Agriculture, Steyr, CASE e New Holland Construction Equipment.

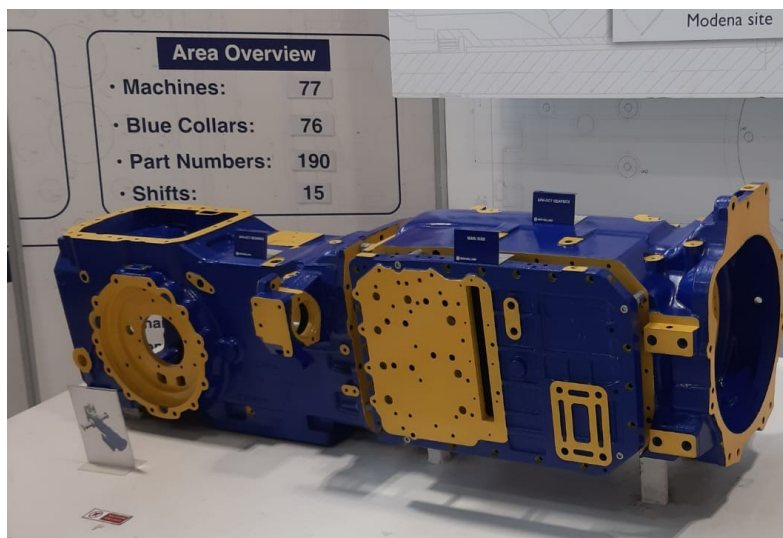
Ho svolto l'attività di tirocinio presso lo Stabilimento di Modena (Modena Plant) di CNH Industrial Italia S.p.A., il quale svolge un importante ruolo strategico perché al suo interno si ha la produzione della "Driveline" (crociera) ossia il telaio dei trattori.

La "Driveline" (Figura 25) è l'insieme di diverse componenti, che vengono assemblate insieme per ottenere lo scheletro e la struttura del trattore, quali:

- **APH-DCT rearbox** → Scatola posteriore cambio a doppia frizione (Figura 26)
- **APH-DCT gearbox** → Scatola cambio a doppia frizione (Figura 26)
- **HD front axle** → Asse anteriore (Figura 27)
- **Main side** (Figura 26)
- **Roadability steering knuckle** → Snodo dello sterzo (Figura 28)



**Figura 25:** Driveline [26]



**Figura 26:** APH-DCT gearbox + APH-DCT rearbox + Main side [26]



**Figura 27:** HD Front axle [26]



**Figura 28:** Roadability steering knuckle [26]

Nel reparto Machining MBU1 relativo alla lavorazione meccanica leggera si ha la produzione di diversi componenti (Figura 29):

- Valvola macchina
- Flangia/blocco collettore

- Valvola idraulica shuttle di potenza
- Attuatore
- Supporto controllo servosterzo
- Copertura posteriore
- Corpo regolatore di flusso
- Corpo distributore contatti
- Coperchio della valvola di controllo
- Copertura anteriore
- Attuatore idraulico
- Coperchio valvola superiore per inversore e Hi-Lo
- Valvola di contatto
- Carter della valvola di controllo
- Supporto per valvola elettromagnetica
- Valvola di controllo direzionale
- Corpo valvola
- Valvola collettore
- Corpi cilindri
- Supporto collettore
- Collettore idraulico
- Coperchio sollevamento idraulico
- Alloggiamento sollevamento
- Trasmissione assale posteriore



**Figura 29:** Prodotti MBU1 meccanica leggera [26]

Nel reparto Machining MBU1 relativo alla lavorazione meccanica pesante si ha la produzione di tali componenti:

- APH-DCT rearbox → Scatola posteriore cambio a doppia frizione
- APH-DCT gearbox → Scatola cambio a doppia frizione
- HD front axle → Asse anteriore
- Main side
- Roadability steering knuckle → Snodo dello sterzo

Nel reparto Assembly MBU3 si ha il montaggio e l'assemblaggio dei componenti realizzati in Machining MBU1 per la realizzazione della Driveline. Al termine delle operazioni di montaggio e di assemblaggio si ha la fase di collaudo della Driveline, dove essa viene montata su dei banchi prova per controllare che funzioni correttamente.

Lo stabilimento venne inaugurato nel 1928 per la produzione di trattori e macchine agricole con il nome di diversi marchi storici quali Fiat Trattori, Ford-New Holland e New Holland; è situato nel quartiere industriale di Modena Nord, all'interno dell'importante distretto produttivo della Motor Valley emiliano-romagnola conosciuto con il termine di “**Tractor Valley**”.

Si estende per oltre 115.000 m<sup>2</sup> di cui circa 99.000 m<sup>2</sup> coperti, dove si hanno i 3 reparti in cui si struttura il Plant, i quali sono:

**1) Warehouse**

**2) Machining MBU1**, che si suddivide in 2 unità:

- Unità produttiva lavorazione macchine leggere MBU1 facente parte del Reparto/Squadra 1211
- Unità produttiva lavorazione macchine pesanti MBU1 facente parte del Reparto/Squadra 1222;

**3) Assembly MBU3**

Lo stabilimento impiega circa dai 900 ai quasi 1000 addetti specializzati nei processi di produzione, controllo qualità, sicurezza e ambiente, finance, manutenzione e logistica interna.

Negli anni lo stabilimento ha adottato programmi di miglioramento continuo della produzione, ottenendo riconoscimenti importanti in ambito internazionale come, ad esempio, il raggiungimento del livello “Bronzo” nel programma del World Class Manufacturing (WCM) che valuta efficienza, qualità, sicurezza e sostenibilità dei processi produttivi come illustrato e spiegato nel Capitolo 1.

#### 4.3 KPI Dashboard della manutenzione

Per riuscire ad implementare in maniera efficace ed efficiente all'interno del Plant una manutenzione puramente preventiva mediante la pianificazione delle attività manutentive da effettuare su:

- Centri di Lavoro (Macchine a controllo numerico CNC) per la lavorazione delle scatole cambio, scatole ponti, assali anteriori e posteriori e sui vari banchi prova degli impianti idraulici situati nel Machining MBU1 dedicata alla lavorazione macchine leggere e macchine pesanti

- Linee di produzione, assemblaggio e sui vari banchi prova delle Driveline situati nell'Assembly MBU3 dedicata al montaggio delle Driveline o crociere

come team di Ingegneria della Manutenzione abbiamo adottato diversi strumenti di raccolta e analisi dati e uno di questi è la stesura della Dashboard della manutenzione.

Si tratta di un foglio elettronico di lavoro excel, o più comunemente di un file excel, costituito da 6 fogli dove in ciascun foglio vengono riportati i KPI (Key Performance Indicators) che riteniamo utili per avere una panoramica dello stato attuale delle macchine e per la pianificazione delle attività manutentive:

- **Foglio 1:** Ore guasto giornalieri totali Machining MBU1 e Assembly MBU3
- **Foglio 2:** Ore guasto totali per macchina
- **Foglio 3:** Ore guasto totali per mese
- **Foglio 4:** Media macchine ferme per mese
- **Foglio 5:** Leakage Map
- **Foglio 6:** Machine Status Day Morning

#### 4.3.1 Ore guasto giornalieri totali Machining MBU1 e Assembly MBU3

La compilazione di questo foglio di calcolo excel (Figura 30) avviene alla mattina durante la prima riunione del Team di Ingegneria di Manutenzione, dove vengono riportate le macchine che sono in fermo produttivo a causa di un guasto riportando i seguenti indicatori:

- Unità produttiva di appartenenza: Lavorazione macchine pesanti MBU1 Reparto/Squadra 1211; Lavorazione macchine leggere MBU1 Reparto/Squadra 1222 o Assembly MBU3
- Descrizione del guasto: breve descrizione del guasto verificatosi sulla macchina

- Tipologia di guasto: elettrico, meccanico, elettromeccanico, idraulico, pneumatico, generico;
  - Data di inizio guasto;
  - Ore totali durata guasto;

UTL	MACHINE	CAUSE/DIAGNOSI PRELIMINARE	DAY	BD HOUR	WEEK	MONTH	YEAR	gruppo	sotto gruppo	tipo di guasto	Atesa
1222	HELLER 460 1	CAMBIO PALLET	28/10/2025	22,5	44	October	2025			ELETTRICO	
1222	MAKINO 2	ATC	28/10/2025	22,5	44	October	2025			MECCANICO	ATTESA RICAMBIO
1222	MANDRELLI 1	ANOMALIA ELETTRO INGRASSATORE	28/10/2025	11	44	October	2025			MECCANICO	
1222	LAVATRICE PONTI TECNOFIRMA	INTRODOTTORE	28/10/2025	22,5	44	October	2025			ELETTRICO	
1211	HECKERT 830 00702	CAMBIO UTENSILE	28/10/2025	4	44	October	2025			ELETTRICO	
1211	HECKERT 830 12070	BRACCIO CAMBIO UTENSILE	28/10/2025	22,5	44	October	2025			MECCANICO	
1211	HELLER 8000 2	ANOMALIA IMPIANTO REFRIGERANTE	28/10/2025	22,5	44	October	2025			REFRIGERANTE	ATTESA RICAMBIO
1211	RODATRICE KONTAK	ANOMALIA TAVOLA	28/10/2025	5	44	October	2025			ELETTRICO	
1211	TORINO GRAZIANO	PILTZ DI SICUREZZA	28/10/2025	22,5	44	October	2025			ELETTRICO	ATTESA RICAMBIO
1211	BANCO X5	ANOMALIA POMPA PISTONI	28/10/2025	22,5	44	October	2025			IDRAULICO	ATTESA RICAMBIO
1222	MGM CLOCK 1	AZIONAMENTO MANDRINO	28/10/2025	22,5	44	October	2025			ELETTRICO	ATTESA RICAMBIO
1222	MGM CLOCK 8	CAMBIO UTENSILE	28/10/2025	5	44	October	2025			ELETTRICO	
1222	TORINO MAUS	testa sinistra - ANOMALIA PILTZ	28/10/2025	22,5	44	October	2025			ELETTRICO	ATTESA RICAMBIO
1222	HELLER 460 1	CAMBIO PALLET	28/10/2025	22,5	44	October	2025			ELETTRICO	
1222	MAKINO 2	ATC	28/10/2025	22,5	44	October	2025			MECCANICO	ATTESA RICAMBIO
1222	LAVATRICE PONTI TECNOFIRMA	INTRODOTTORE	28/10/2025	22,5	44	October	2025			ELETTRICO	
1211	HECKERT 830 12070	BRACCIO CAMBIO UTENSILE	28/10/2025	10	44	October	2025			MECCANICO	
1211	HECKERT 830 00803	ANOMALIA CAMBIO UTENSILE	28/10/2025	22,5	44	October	2025			MECCANICO	
1211	HELLER 260 4	TERMICA REFRIGERANTE	28/10/2025	13	44	October	2025			ELETTRICO	
1211	HELLER 8000 2	ANOMALIA IMPIANTO REFRIGERANTE	28/10/2025	22,5	44	October	2025			REFRIGERANTE	ATTESA RICAMBIO
1211	TORINO GRAZIANO	PILTZ DI SICUREZZA	28/10/2025	22,5	44	October	2025			ELETTRICO	ATTESA RICAMBIO
1211	BANCO X5	ANOMALIA POMPA PISTONI	28/10/2025	22,5	44	October	2025			IDRAULICO	ATTESA RICAMBIO
M3	BANCO 45	ANOMALIA FLUSSAGGIO	28/10/2025	8	44	October	2025			IDRAULICO	
1222	HECKERT 1250 4	CAMBIO UTENSILE	30/10/2025	22,5	44	October	2025			MECCANICO	
1222	MGM CLOCK 1	AZIONAMENTO MANDRINO	30/10/2025	22,5	44	October	2025			ELETTRICO	ATTESA RICAMBIO

**Figura 30:** Ore guasto giornaliere totali Machining MBU1 e Assembly MBU3 [26]

L'analisi di questi indicatori risulta molto utile perché permette di:

- pianificare le attività di manutenzione e gli interventi manutentivi per ripristinare i vari guasti sulla base di criteri di priorità, dando priorità di intervento sulle macchine che presentano dei guasti maggiormente impattanti come numero di ore guasto e in base alla descrizione del guasto verificatosi
- valutare l'efficacia delle attività e delle decisioni che, come Team, svolgiamo e prendiamo analizzando, ad esempio, la percentuale di guasti verificatosi e la loro durata mettendo a confronto l'andamento, effettuato con un'analisi di pareto, dell'anno o del mese corrente con l'andamento degli anni o dei mesi precedenti
- giustificare e richiedere tramite la stesura e la compilazione del documento CAR (Car Appropriation Request) che verrà

spiegato nel sottocapitolo 4.6, per ottenere del capitale, da aggiungere nel portafoglio della Manutezione, per l'acquisto dei ricambi, per la pianificazione e lo svolgimento di attività manutentive da parte di ditte esterne e per l'acquisto di attrezzature utili e di ultima generazione per lo svolgimento delle attività manutentive

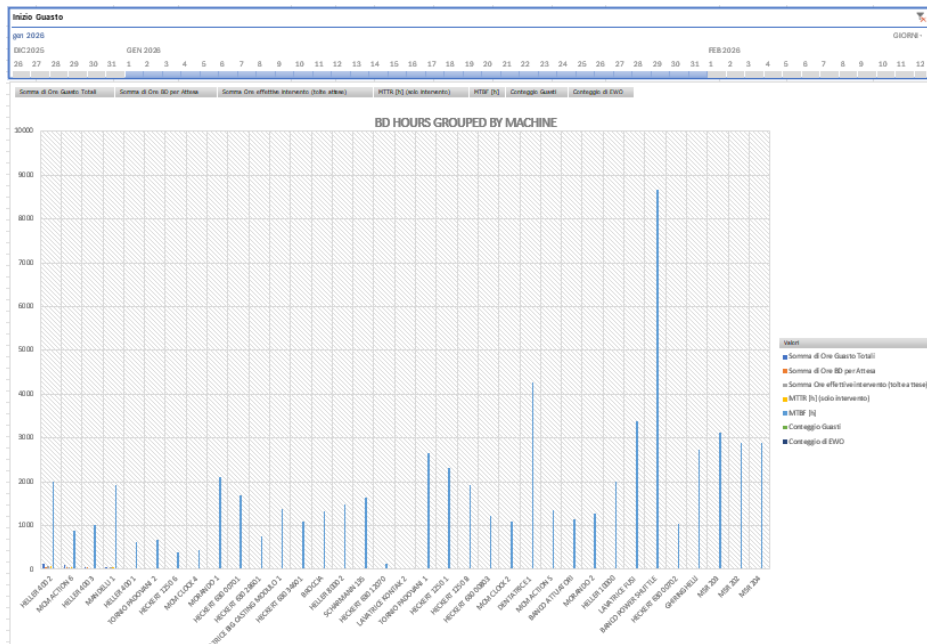
### 4.3.2 Ore guasto totali per macchina

In questo foglio excel vengono riportate e mostrate, tramite un grafico (Figura 31, Figura 32 e Figura 33), per ogni singola macchina presente in Machinig MBU1 e in Assembly MBU3 le ore di guasto così da capire e vedere quali sono le macchine più critiche.

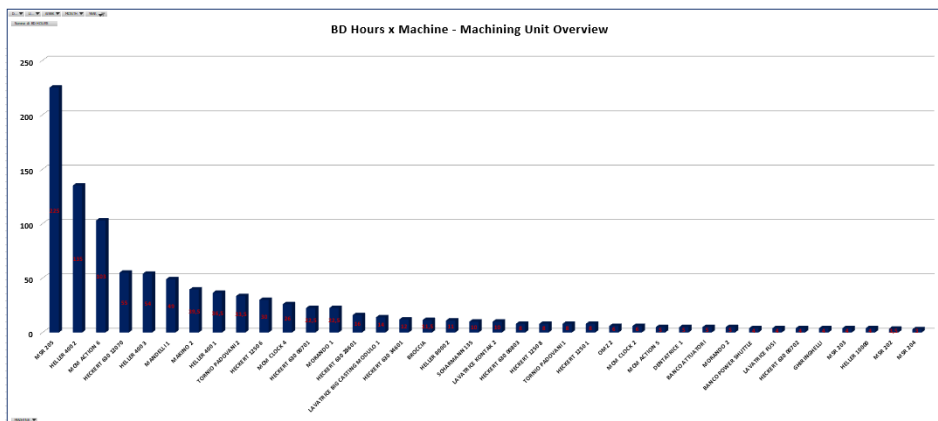
Le macchine più critiche saranno quelle sul quale verranno svolte in maniera prioritaria le attività manutentive di controllo e di ripristino dei guasti e sul quale verranno stilate e presentate le CAR (Capital Acquisition Request), per ottenere del capitale per effettuare delle attività di ricondizionamento e di riqualificazione di tali macchine.

Machine	Somma di Ore Guasto Totale	Somma di Ore BU per Attesa	Somma Ore effettive intervento (totale attese)	MITR [h] (solo intervento)	MTBF [h]	Conteggio Guasti	Conteggio di EVO
HELLER 400 2	155	45	90,0	90,0	2016	1	1
MCM ACTION 6	103,0	45	58,0	58,0	888	1	1
HELLER 400 3	54,0	45	9,0	9,0	1008	1	1
MANDELLI 1	49	0	49,0	49,0	1920	1	1
HELLER 400 1	38,5	0	38,5	18,3	636	2	1
TORNIO PADOVANI 2	33,5	0	33,5	18,8	894	2	1
HECKERT 1250 6	30	0	30,0	10,0	400	3	1
MCM CLOCK 4	28	0	28,0	8,7	440	3	2
MORANDO 1	23	0	22,5	22,5	2112	1	1
HECKERT 830 00701	23	0	22,5	22,5	1680	1	1
HECKERT 830 28801	16	0	16,0	8,0	796	2	1
LAVATRICE BIG CASTING MODULO 1	14	0	14,0	14,0	1392	1	1
HECKERT 830 34801	12	0	12,0	12,0	1104	1	1
BRACCIA	11,5	0	11,5	11,5	1320	1	1
HELLER 8000 2	11	0	11,0	11,0	1488	1	1
SCHARMANN 135	10,0	0	10,0	10,0	1632	1	1
HECKERT 830 12070	10	0	10,0	5,0	1320	2	1
LAVATRICE KONTAK 2	10	0	10,0	10,0	1104	1	1
TORNIO PADOVANI 1	8	0	8,0	8,0	2664	1	1
HECKERT 1250 1	8,0	0	8,0	8,0	2328	1	1
HECKERT 1250 8	8	0	8,0	8,0	1920	1	1
HECKERT 830 00803	8,0	0	8,0	8,0	1224	1	1
MCM CLOCK 2	6	0	6,0	6,0	1164	1	1
DENTATRICE 1	5	0	5,0	5,0	4272	1	1
MCM ACTION 5	5,0	0	5,0	5,0	1344	1	1
BANCO ATTUATORI	5	0	5,0	5,0	1152	1	1
MORANDO 2	5	0	5,0	5,0	1272	1	1
HELLER 10000	4	0	4,0	4,0	2016	1	1
LAVATRICE FUSI	4	0	4,0	4,0	3384	1	1
BANCO POWER SHUTTLE	4	0	4,0	4,0	8664	1	1
HECKERT 830 00702	4	0	4,0	4,0	1032	1	1
GHIRINGHELLI	4	0	4,0	4,0	2736	1	1
MSR 203	4	0	4,0	4,0	3120	1	1
MSR 202	4	0	3,5	3,5	2680	1	1
MSR 204	3	0	3,0	3,0	2680	1	1
Totale complessivo	695	135	560,0	13,0	1606,857143	43	17

Figura 31: Ore guasto totali per macchina [26]



**Figura 32:** Ore guasto totali per macchina [26]



**Figura 33:** Ore guasto totali per macchina [26]

### 4.3.3 Ore guasto totali per mese

In questo foglio excel vengono riportate e mostrate, tramite un grafico (Figura 34), le ore di guasto totali che si sono verificate in ogni mese nel reparto del Machinig MBU1 e nel reparto dell'Assembly MBU3 così da capire e vedere quali sono i mesi più critici., così da valutare e pianificare in che mese concentrare maggiormente le attività manutentive di controllo e di check delle varie macchine.

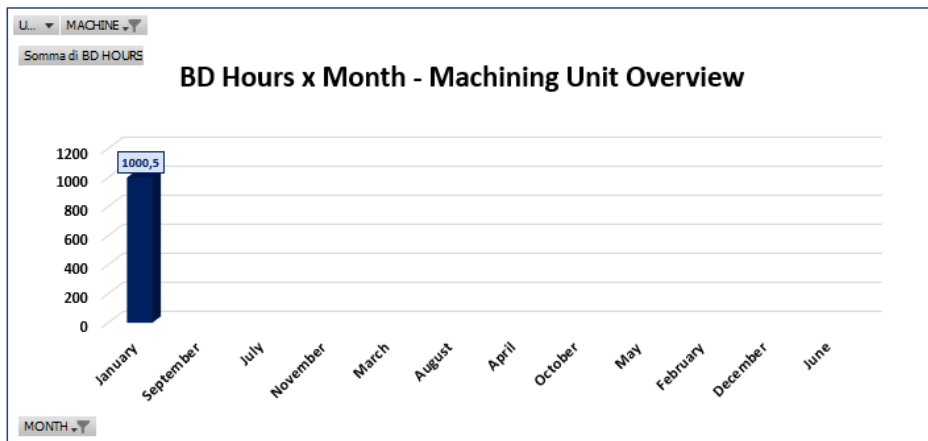


Figura 34: Ore guasto totali per mese [26]

#### 4.3.4 Media macchine ferme per mese

In questo foglio excel vengono riportate e mostrate, tramite un grafico (Figura 35), per ogni singola macchina presente nel reparto del Machinig MBU1 e dell'Assembly MBU3 le ore di guasto mensili così da capire e vedere quali sono i mesi in cui si ha il maggiore numero di macchine guaste.

Questo dato risulta essere influenzato dal tasso di produzione e dalle ore di utilizzo delle macchine.

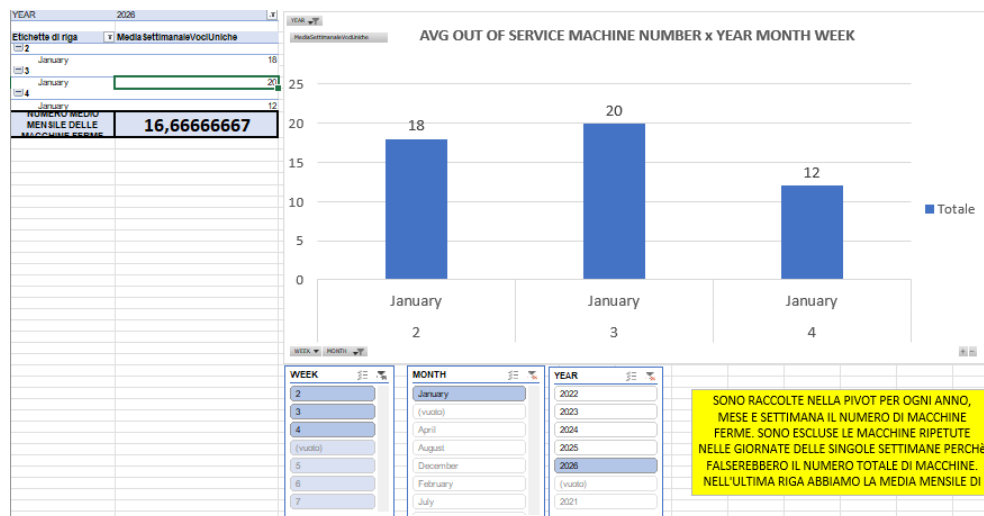


Figura 35: Media macchine ferme per mese [26]

### 4.3.5 Leakage Map

In questo foglio excel (Figura 36, Figura 37 e Figura 38) chiamato “Leakage Map (Mappatura delle perdite)” si ha una vera e propria mappatura delle perdite di olio, di refrigerante, di aria e di gas dei vari Centri di Lavoro, dei vari banchi prova, delle varie Linee di assemblaggio e dei tubi di trasporto aria, liquidi e di riscaldamento nei capannoni delle 2 unità operative (Machining MBU1 e Assembly MBU3) effettuata girando tra le varie strutture, dove vengono riportate con una breve descrizione accompagnata da 2 tipologie di foto:

- 1) La prima tipologia è una foto del componente, effettuata con un cellulare o con un tablet aziendale, per capire di che tipologia di perdita si tratta, quale componente presenta la perdita e in che punto dell’impianto essa è collocata
- 2) La seconda tipologia è una foto effettuata con uno strumento chiamato camera acustica FLUKE ii900 (Figura 39 e Figura 40) che permette di individuare, visualizzare e fotografare le perdite d’aria e di gas mostrando il punto esatto di dove si ha la perdita e anche la sua intensità mediante la rilevazione del suono grazie ad un array di microfoni molto sensibili al suono; sullo schermo le grosse perdite (di alta intensità) vengono visualizzate con il colore rosso, le medie perdite (di media intensità) con il colore arancione e le piccole perdite (di piccola intensità) con il colore giallo

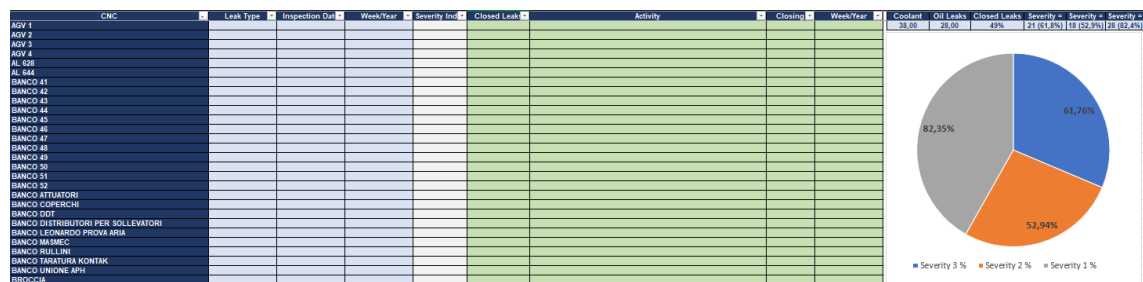


Figura 36: Leakage Map [26]

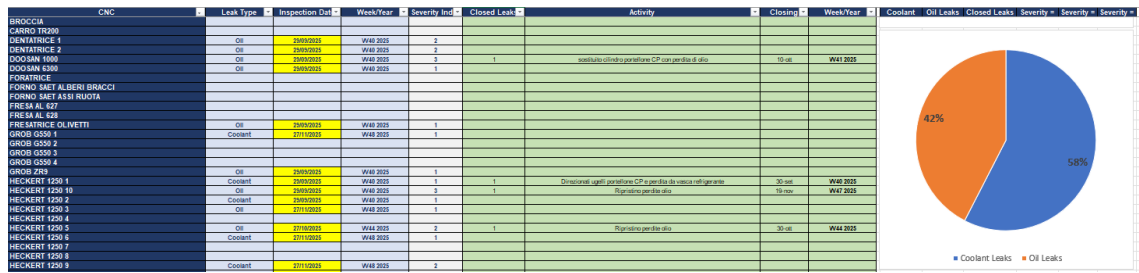


Figura 37: Leakage Map [26]

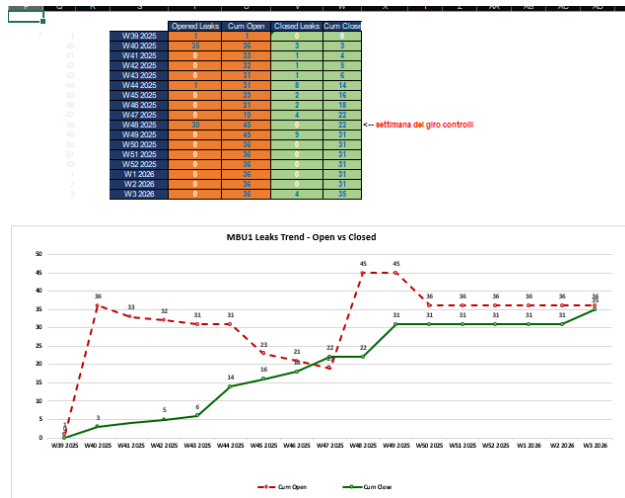


Figura 38: Leakage Map [26]



Figura 39: Camera acustica Fluke ii900 [26]



**Figura 40:** Camera acustica Fluke ii900 [26]

L'intensità delle perdite di aria, di gas e la quantità di olio o refrigerante presente sul pavimento attorno o al di sotto delle varie macchine o linee rappresenta un indicatore per assegnare una priorità o un indice di gravità alle perdite, così da capire quali richiedono di essere risolte o ripristinate con urgenza e quali attività di ripristino, invece, possono essere pianificate per essere svolte in un secondo momento.

Risulta essere molto importante effettuare questa attività di mappatura delle perdite perché ripristinandole si ha una riduzione dei consumi e dei costi energetici dell'impianto e anche un risparmio sui costi manutentivi futuri.

#### 4.3.6 Machines Status Day Morning

Durante la riunione mattutina del nostro Team di Ingegneria della Manutenzione viene compilato questo foglio excel (Figura 41), riportante lo stato giornaliero delle macchine, per segnare se si hanno delle macchine ferme specificando la causa o il motivo per il quale sono ferme, dove ogni cella rappresenta un giorno della settimana.

MACHINE STATUS DAY MORNING				W-06		W-07			
		GUASTO	RIPRISTINO						
		STRAORDINARIA	IN FUNZIONE						
UTE	MACCHINA	IDEN	Matricola	2-feb	3-feb	4-feb	5-feb	6-feb	9-feb
MBU 1 A									
1222	HECKERT CWK 1250	N.3	22013				5-feb	6-feb	DIAGNOSI IN CORSO
1222	HECKERT CWK 1250	N.9	22044						9-feb
1222	MCM ACTION	N.5	920/97	2-feb		DIAGNOSI IN CORSO	10-feb	10-feb	ATTESA RIGUARDO
1222	MCM CLOCK	N.4	1094/99						10-feb
1222	MCM CLOCK	N.6	1342/01	2-feb	3-feb				ATTESA RIGUARDO
1222	HELLER 300	HELLER 300	26/43303						INTERVENTO INTD.
1222	HELLER 400	HELLER 400 N.2	27/43441	6-feb	ATTESA DITTA	ATTESA DITTA	ATTESA DITTA	INTD IN CORSO	ATTESA DITTA
1222	HELLER 460	HELLER 460 N.1	48594						
1222	HELLER 8000	HELLER 8000 N.1	57127	4-feb	ATTESA DITTA	ATTESA DITTA	ATTESA DITTA	6-feb	9-feb
1222	MANDELLI SPARK	MANDELLI N.1	S3011C				5-feb	6-feb	ATTESA DITTA
1222	MANDELLI SPARK	MANDELLI N.2	S3007C						ATTESA DITTA

Figura 41: Machines Status Day Morning [26]

Come riportato in Figura 43 si ha una legenda che permette di capire lo stato delle varie macchine:

- Colore rosso → Macchina guasta
- Colore verde → Macchina in funzione
- Colore giallo → Macchina in ripristino
- Colore blu → Macchina ferma sul quale sono state pianificate delle attività di manutenzione preventive

Come per la Dashboard relativa alle ore guasto giornaliere totali trattata nel sottocapitolo 4.3.1, l'analisi di questi indicatori risulta molto utile perché permette di:

- pianificare le attività di manutenzione e gli interventi manutentivi per ripristinare i vari guasti sulla base di criteri di priorità
- valutare l'efficacia delle attività e delle decisioni che, come Team, prendiamo e svolgiamo
- giustificare e richiedere tramite la stesura e la compilazione del documento CAR (Car Appropriation Request)

## 4.4 PM Calendar

Il PM Calendar o calendario delle attività manutentive pianificate è un documento, che in tutte le realtà industriali, viene creato ed utilizzato dalla manutenzione per riuscire ad implementare ed avviare un efficace ed efficiente processo di manutenzione pianificata.

Questo documento non è altro che un foglio elettronico di lavoro excel creato, costruito e compilato da noi Team di Ingegneria della manutenzione per la pianificazione delle attività manutentive di check e di controllo da svolgere annualmente, per valutare lo stato e le condizioni dei componenti di cui sono costituiti i vari Centri di Lavoro, le Linee di assemblaggio e i vari banchi prova delle 3 unità produttive.

Il PM Calendar (Figura 42) viene realizzato per ogni singolo Centro di Lavoro, ogni singola linea e per ogni singolo banco prova.

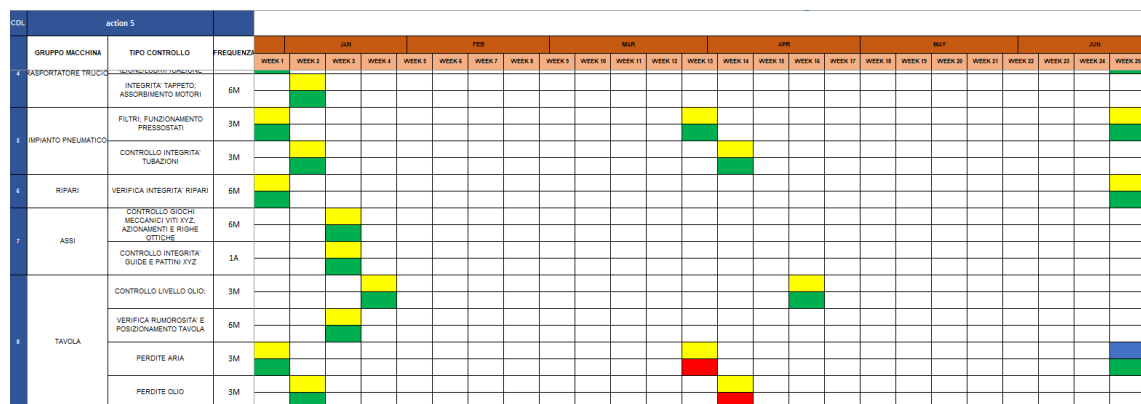


Figura 42: PM CALENDAR [26]

ed è strutturato nel seguente modo:

- Si ha un elenco di tutti i gruppi, tutti i componenti e di tutti gli elementi costituenti ciascuna attrezzatura dove ad ogni gruppo o componente viene assegnato un valore, ad esempio 6M (Figura 43), che rappresenta ogni quanto i manutentori dovranno svolgere un'attività di check e di

controllo del suo stato e delle sue condizioni operative; in questo esempio 6M significa che ogni 6 mesi noi Team di Ingegneria della Manutenzione abbiamo pianificato e programmato lo svolgimento di un'attività di check e di controllo manutentivo su quel determinato gruppo o componente

CDL	action 5		
	GRUPPO MACCHINA	TIPO CONTROLLO	FREQUENZA
4	RASPORTATORE TRUCIO	INTEGRITA' TAPPETO; ASSORBIMENTO MOTORI	6M
5	IMPIANTO PNEUMATICO	FILTRI; FUNZIONAMENTO PRESSOSTATI	3M
		CONTROLLO INTEGRITA' TUBAZIONI	3M
6	RIPARI	VERIFICA INTEGRITA' RIPARI	6M

**Figura 43:** PM CALENDAR [26]

- Per ogni gruppo o componente a fianco del valore che rappresenta la periodicità degli interventi si ha il calendario vero e proprio, dove si hanno 12 colonne che rappresentano i 12 mesi dell'anno e ogni mese è costituito da 4 colonne costituite da una coppia di celle, per riga, dove ogni coppia di cella rappresenta una week (settimana).  
Per indicare che su di un determinato gruppo o componente è stata pianificata un'attività manutentiva di check o di controllo si colora la cella, relativa alla settimana e al mese stabilito, di giallo;

La calendarizzazione delle attività manutentive di check e di controllo si basa su diversi fattori e su varie analisi; infatti, per decidere e stabilire la periodicità con il quale una determinata attività di check e di controllo debba essere svolta ci si basa:

- sulle distinte fornite dalle aziende costruttrici dei singoli Centri di Lavoro, delle singole linee di assemblaggio e dei singoli banchi prova dove viene riportato ogni quanti mesi il costruttore consiglia di effettuare delle attività manutentive di check e di controllo
- sulle analisi svolte basandosi sui dati che si hanno a disposizione come, ad esempio, la frequenza di guasto o le conoscenze basate sull'esperienza di un determinato gruppo o componente

L'aggiornamento del PM Calendar risulta essere molto importante perché fornisce un quadro della situazione attuale delle varie macchine e permette di ridurre la probabilità che un guasto su di una determinata macchina si verifichi essendo controllata e mantenuta alle condizioni ottimali di esercizio.

L'aggiornamento del PM Calendar da parte di noi Team di Ingegneria della Manutenzione si svolge come segue:

- Attività pianificata a calendario svolta → la cella sotto la cella gialla corrispondente viene colorata di verde
- Attività pianificata a calendario non è stata svolta a causa di mancanza del personale → la cella sotto la cella gialla corrispondente viene colorata di rosso
- Attività pianificata a calendario ancora in corso → la cella sotto la cella gialla corrispondente viene colorata di arancione
- Attività straordinaria aggiunta successivamente e non pianificata a calendario → la cella sotto la cella gialla corrispondente viene colorata di blu

## 4.5 Software gestionale TEROTECH

L'attività principale sul quale verteva l'attività di tirocinio che ho svolto presso il Modena Plant di CNH Industrial Italia S.p.A. riguardava l'introduzione, l'implementazione all'utilizzo e lo sviluppo del software gestionale TEROTECH per la digitalizzazione della manutenzione, con lo scopo di creare e avere a disposizione un database relativo ai guasti, che si sono verificati e che si verificano nel tempo, e a tutte le attività manutentive svolte con l'obiettivo finale, come Team di Ingegneria della Manutenzione, di riuscire ad avere un quantità sufficiente di dati e di informazioni per riuscire ad adottare ed implementare efficacemente una manutenzione professionale pianificata e predittiva al posto della manutenzione professionale a guasto o reattiva che tutt'ora è ancora presente all'interno del Plant.

Il processo di implementazione e di introduzione all'utilizzo ha previsto lo svolgimento di 2 attività principali, quali:

- 1) Attività di training riguardanti le funzionalità, l'utilizzo e l'utilità del Software gestionale TEROTECH
- 2) Attività di supporto e di assistenza al corretto utilizzo del Software gestionale TEROTECH

Parallelamente a queste 2 attività è stato svolto anche un processo di sviluppo del TEROTECH, che consisteva in riunioni ogni 2 settimane e in un confronto costante e quotidiano con il team di IT Systems Engineers dell'azienda fornitrice del software RADA S.r.l., dove si faceva un punto della situazione riguardante i rilasci pianificati per migliorare graficamente e prestazionalmente il Software e per proporre e mostrare quali fossero i principali problemi, proponendo delle possibili soluzioni per risolverli e per soddisfare le richieste degli utilizzatori del TEROTECH, i quali sono:

- Team di Ingegneria della Manutenzione
- Capi squadra delle squadre 1211 (Lavorazione meccanica leggera), 1222 (Lavorazione meccanica pesante) e 1261 (Lavorazione componenti idraulici) del Machining MBU1

- Capi squadra delle squadre della business unit Assembly MBU3
- Capi squadra dei manutentori del Team di Manutenzione professionale
- Manutentori

## **Team di Ingegneria della Manutenzione**

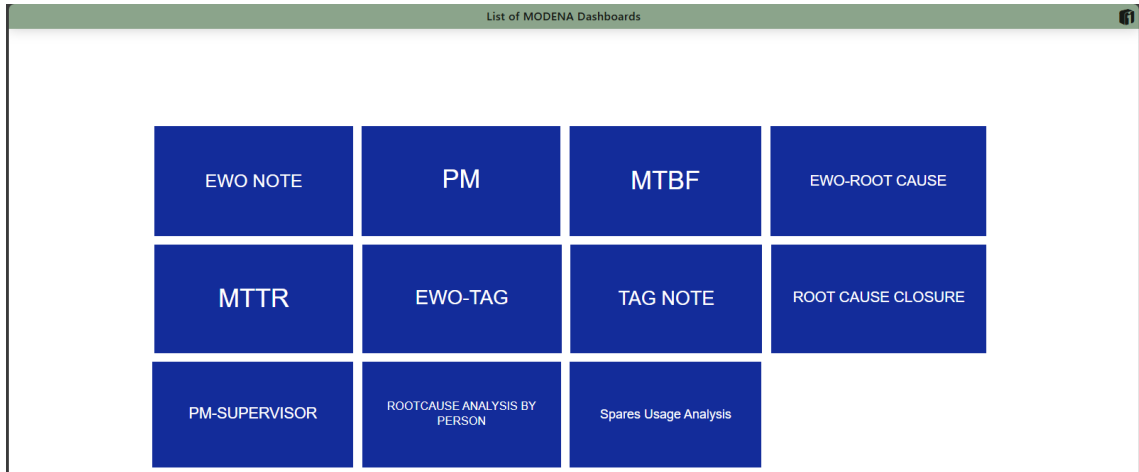
Come Team il software viene utilizzato per riuscire a pianificare in maniera efficace ed efficiente le attività manutentive di check, controllo e riparazione sulle macchine basandoci sulle informazioni e sui dati presenti nel TEROTECH.

I dati e le informazioni che ci permettono di effettuare ciò sono:

- Visualizzazione delle dashboard relative alle EWO e ai TAG creati e segnalati dai capi squadra di MBU1 ed MBU3
- Visualizzazione delle dashboard relative ai KPI:
  1. MTBF (Mean Time Between Failure)
  2. MTTR (Mean Time To Repair)
- Visualizzazione delle dashboard relative alle Root Cause (cause radice) dei vari guasti macchina
- Visualizzazione delle EWO (guasti) e dei TAG (degradi) che sono stati segnalati
- Monitoraggio dello stato di avanzamento delle EWO e dei TAG

La dashboard relativa alle EWO e ai TAG segnalati dai capi squadra di MBU1 ed MBU3 (Figura 44) permette di visualizzare mediante degli istogrammi in quale Business Unit (Machining MBU1 o Assembly MBU3) (Figura 45), in quale squadra (1211, 1222 o 1261) (Figura 46) e su quale macchina (Figura 47° e Figura 47b) sono state aperte, create più EWO o TAG il quale una EWO corrisponde esattamente ad un guasto ed

un TAG corrisponde esattamente ad un degrado che si presentano sulle macchine nel corso delle varie giornate produttive.



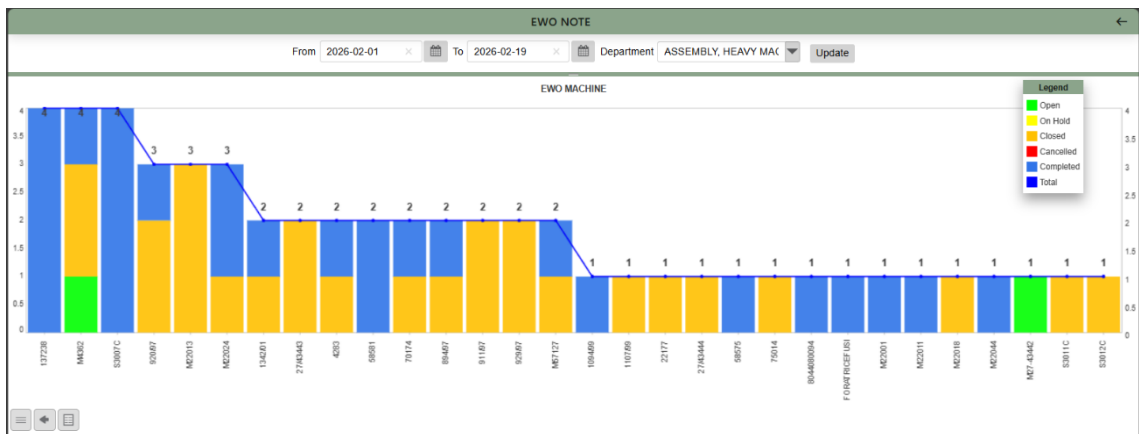
**Figura 44:** EWO NOTE [26]



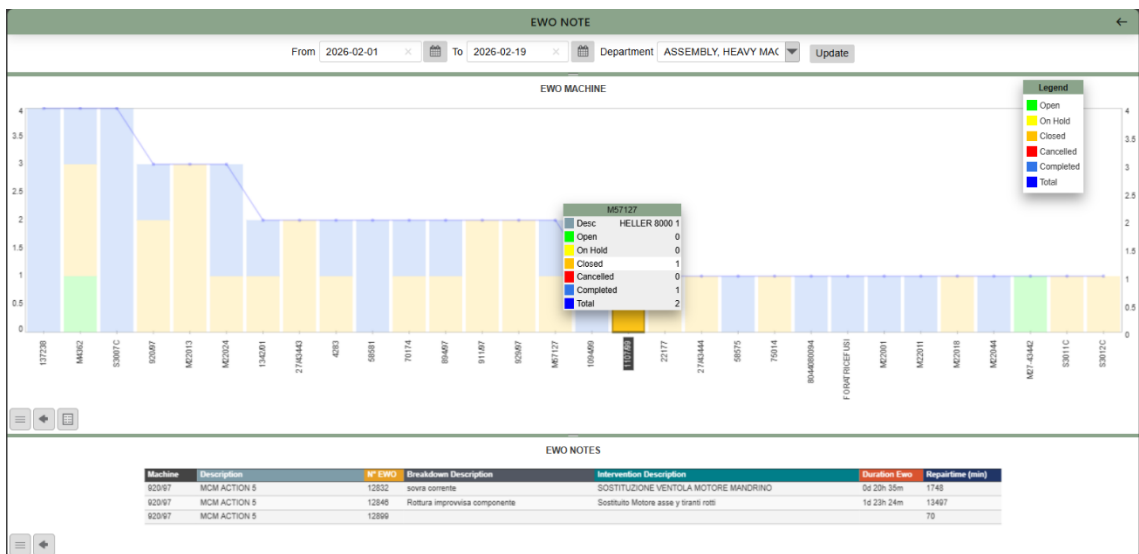
**Figura 45:** EWO NOTE [26]



**Figura 46: EWO NOTE [26]**

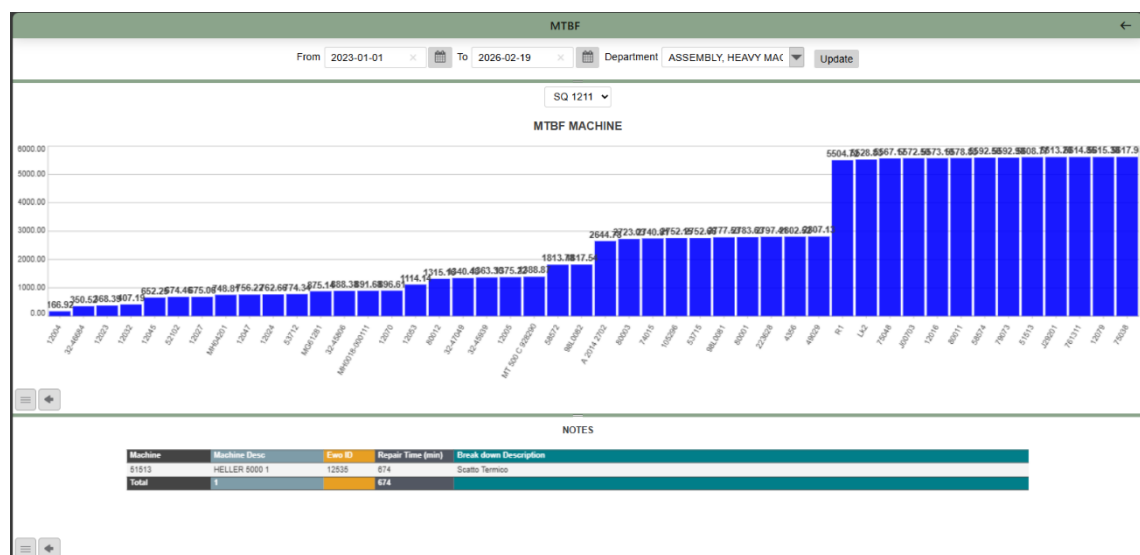


**Figura 47a: EWO NOTE [26]**



**Figura 47b: EWO NOTE [26]**

La dashboard relativa all'MTBF mostra per ogni Business Unit, per ogni squadra e per ogni macchina, tramite un istogramma (Figura 48), il tempo medio totale che passa dalla fine di un guasto al guasto successivo; per calcolare questo tempo il software fa la differenza tra l'orario e la data di creazione di una nuova EWO da parte dei capi squadra su una determinata macchina che presenta nuovamente un guasto e l'orario e la data di chiusura della EWO, precedentemente creata, da parte dei manutentori sulla stessa macchina.



**Figura 48:** MTBF [26]

La dashboard relativa all'MTTR mostra per ogni Business Unit, per ogni squadra e per ogni macchina, tramite un istogramma (Figura 49° e Figura 49b), il tempo medio totale che i manutentori ci mettono per riparare un guasto; per calcolare questo tempo il software fa la differenza tra l'orario e la data di apertura della EWO da parte dei capi squadra di MBU1 ed MBU3 e l'orario e la data di chiusura della EWO da parte dei manutentori.

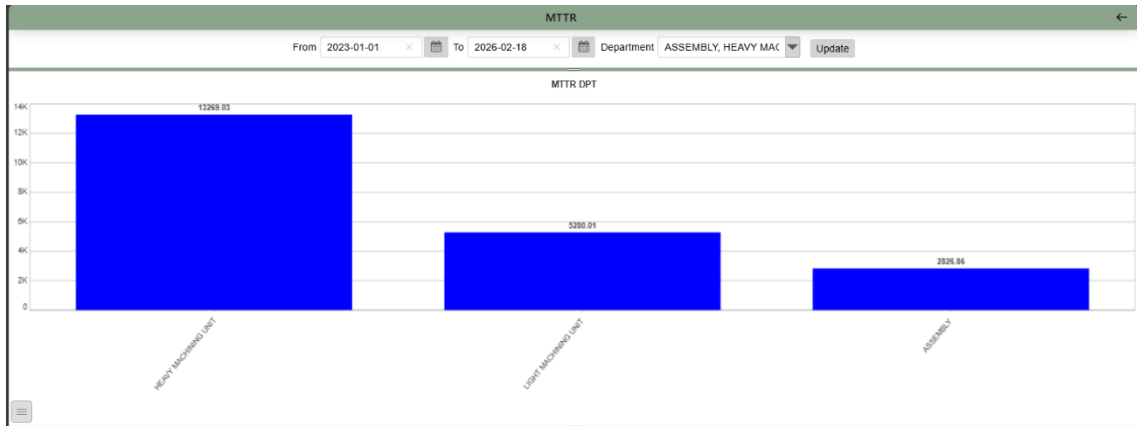


Figura 49a: MTTR [26]

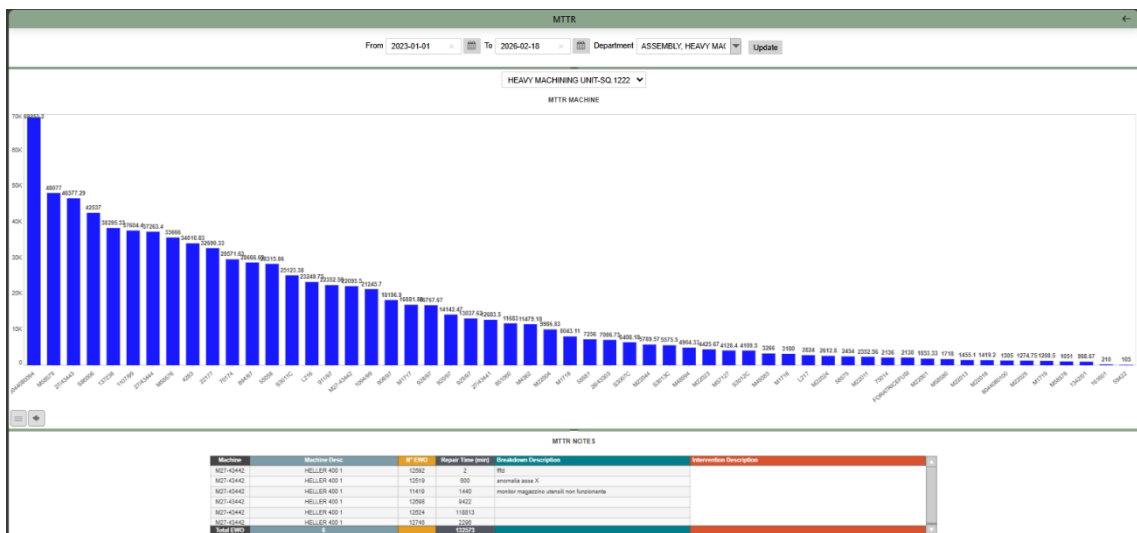


Figura 49b: MTTR [26]

La Dashboard relativa alle Root Cause (cause radice) (Figura 50) permette di capire e vedere quali sono le cause di guasto che si verificano maggiormente, così da poter intraprendere delle azioni di ottimizzazione e di miglioramento per cercare di ridurre al minimo quelle cause in futuro.

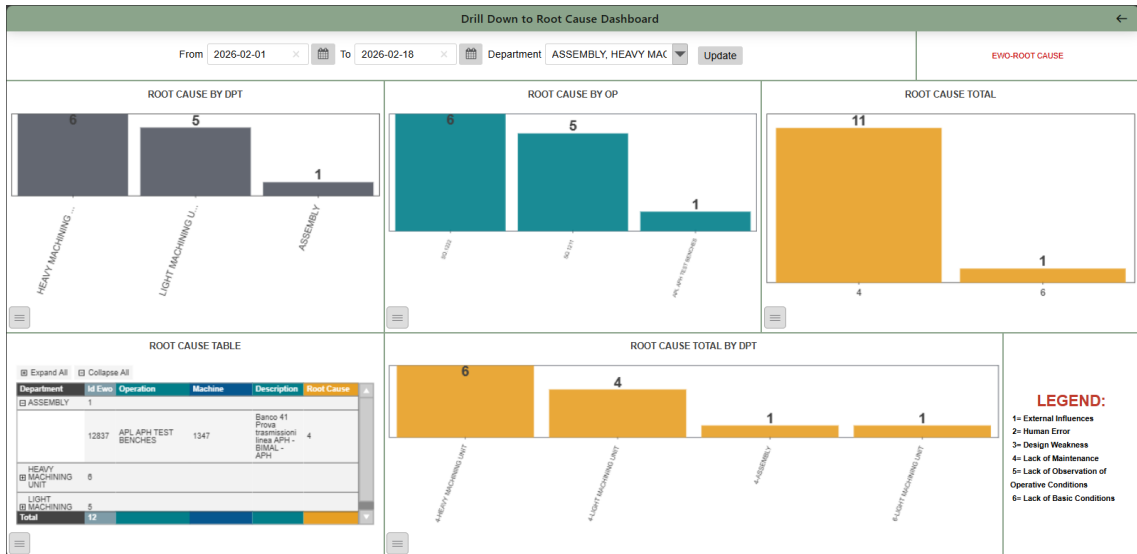


Figura 50: Root Cause Dashboard [26]

La visualizzazione delle EWO e dei TAG ossia le segnalazioni di guasti e di degradi macchina (Figura 51) permette di ottenere delle informazioni su:

- In che macchina si è verificato il guasto
- Descrizione e gravità del guasto
- Data e orario in cui si è verificato il guasto

N° EWO	Unità Operativa	Macchina	ReportTag_Machine Description	Guasto	Tipo Intervento	Data Ewo	Stato	Team	Richiedente	Data Asseg.	Sez EWO	Allegato	azioni/modifica/az
826	LIGHT MACHINING UNIT	MS371234	HELLER 2000 3	1 Partial	Intervento Elettrico	14/11/2025 12:54	Creato		christian.pederzoli@cnhind.com		1		
823	TEST	1300	1300T press	1 Partial	Intervento Elettrico	07/11/2025 08:33	Annulato	Team Christian	christian.pederzoli@cnhind.com	07/11/2025 11:03	2		
815	TEST_ST	ST13761998	Stella_V2	1 Partial	Intervento Robot	05/11/2025 15:06	Assegnato	Team Christian	christian.pederzoli@cnhind.com	07/11/2025 11:03	1		
812	piante	MS86005	DENTATRICE 2	2 Total	Intervento Meccanico	03/11/2025 12:38	Assegnato		salvatore.daluso@cnhind.com		2		

Figura 51: EWO e TAG segnalati sul TEROTECH [26]

Si hanno 3 tipologie di stato di segnalazione EWO e TAG:

1. Creato → guasto o degrado segnalato con intervento di ripristino ancora da assegnare ai manutentori;

2. Assegnato → guasto o degrado preso in consegna ed iniziato dai manutentori;
3. Annullato → guasto o degrado segnalato erroneamente;

La visualizzazione dello stato di avanzamento delle EWO e dei TAG ossia delle attività di riparazione e di ripristino dei guasti e dei degradingi macchina (Figura 52) permette di ottenere delle informazioni su:

- Descrizione del guasto
- A che punto è l'intervento
- Cosa è stato fatto
- Quali ricambi sono stati utilizzati
- Il tempo di durata del guasto
- Il tempo di riparazione del guasto

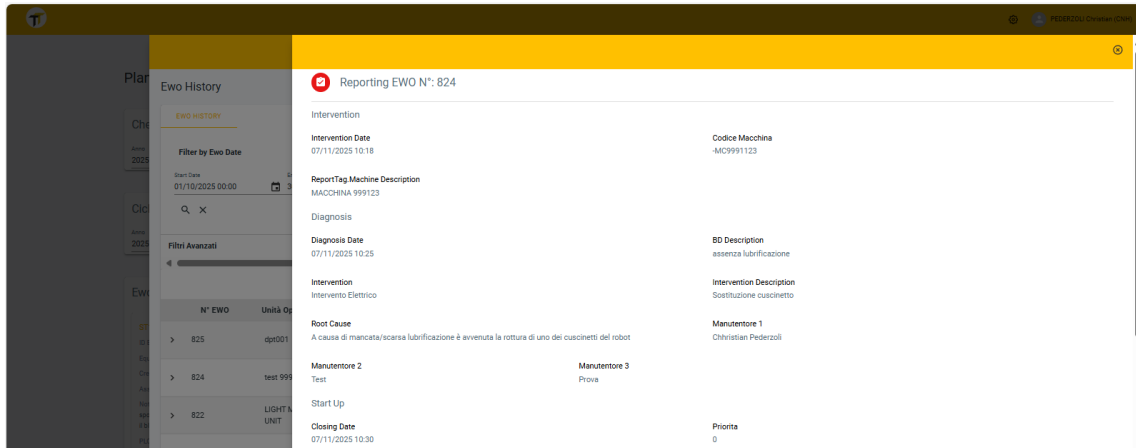
N° EWO	Unità Operativa	Macchina	Descrizione macchina	Guasto	Breakdown Description	Intervention	Intervention Description	Data Ewo	Stato	Squadra	Richiedente
825	dpt001	MC020	MC020	1 Partial		Intervento Robot		07/11/2025 11:06	Chiuso	Team Christian	christian.pederzoli@cnhind.com
824	test 999	-MC9991123	MACHINA 999123	1 Partial	essenza lubrificazione	Intervento Elettrico	Sostituzione cuscinetto	07/11/2025 10:14	Chiuso	rada	christian.pederzoli@cnhind.com
822	LIGHT MACHINING UNIT	MS3714	test	1 Partial		Intervento Elettrico		07/11/2025 08:27	Completato	Team Christian	christian.pederzoli@cnhind.com
821	plant 7777	MC025	MC025	1 Partial		Intervento Robot		06/11/2025 10:09	Completato	Team Christian	christian.pederzoli@cnhind.com
820	plante	M27-43445	HELLER 40	1 Partial		Intervento Elettrico		06/11/2025 09:36	Completato	Team Christian	salvatore.deluio@cnhind.com

**Figura 52:** Stato di avanzamento EWO e TAG [26]

Si hanno 2 tipologie di stato di avanzamento EWO e TAG:

1. Completato → guasto o degrado risolto e ripristinato mancante di informazioni quali descrizione intervento e ricambi utilizzati;
2. Chiuso → guasto o degrado risolto e ripristinato con annessa descrizione inserita dai manutentori dell'intervento svolto, dei

ricambi utilizzati e della causa radice che ha generato il guasto (Figura 53);



**Figura 53:** EWO chiusa [26]

## Capi squadra Machining MBU1 e Assembly MBU3

I capi squadra di MBU1 ed MBU3 sono le figure che iniziano il processo di caricamento e inserimento dati, permettendo la realizzazione di questo database dei guasti e dei gli interventi manutentivi effettuati.

Quando si verifica un guasto su di una determinata macchina o linea essi lo segnalano aprendo e creando una EWO sul TEROTECH (Figura 54) dove viene registrata la data e l'orario in cui si è verificato il guasto, inserendo le seguenti informazioni:

- Gruppo → Indica in che gruppo/punto della macchina si è verificato il guasto, per aiutare i manutentori a capire in che punto bisogna intervenire
- Sottogruppo → Specifica in quale sottogruppo si ha il guasto, dando delle informazioni ancora più dettagliate e specifiche
- Componente → Specifica quale componente o pezzo risulta essere guasto o rotto
- Turno → Indica in che turno si è verificato il guasto:

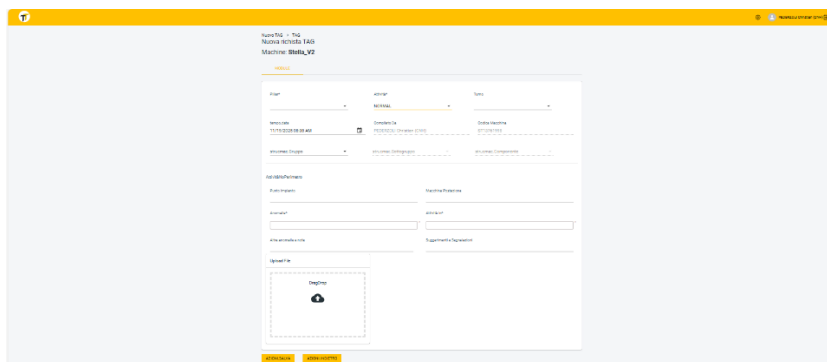
1. Turno 1: dalle 6 alle 14
  2. Turno 2: dalle 14 alle 22
  3. Turno 3: dalle 22 alle 6
- Tipo di guasto → Può essere:
    - 1) Parziale → la macchina continua a lavorare anche se presenta un guasto
    - 2) Totale → la macchina è ferma
  - Tipo di intervento richiesto → Indica se si ha bisogno di un intervento meccanico, elettrico, idraulico, pneumatico, elettromeccanico o generico
  - Messaggio PLC → Riporta l'eventuale messaggio di errore o di allarme presente sullo schermo del PLC
  - Note operatore → Prima descrizione di quello che è successo per aiutare i manutentori

**Figura 54:** Creazione EWO sul TEROTECH [26]

Mentre se si dovesse verificare il funzionamento in degrado di una macchina o linea, ovvero che non lavorano nelle condizioni ottimali di esercizio essi lo segnalano aprendo e creando una TAG sul TEROTECH (Figura 55) dove viene registrata la data e l'orario in cui si è verificato il degrado, inserendo le seguenti informazioni:

- Ente di competenza (Pillar) → A quale ente spetta risolvere il degrado macchina

- Tipologia di degrado da segnalare → 3 tipologie:
  - 1) 5S → disordine o mancata pulizia macchina
  - 2) Normale → Pericolo inciampo, scivolamento o infortunio causa presenza oggetti smontati o taglienti
  - 3) Emergenza → Danneggiamento incolumità persone all'interno del Plant
- Turno → Indica in che turno si è verificato il guasto:
  1. Turno 1: dalle 6 alle 14
  2. Turno 2: dalle 14 alle 22
  3. Turno 3: dalle 22 alle 6
- Gruppo → Indica in che gruppo/punto della macchina si è verificato il guasto, per aiutare i manutentori a capire in che punto bisogna intervenire
- Sottogruppo → Specifica in quale sottogruppo si ha il guasto, dando delle informazioni ancora più dettagliate e specifiche
- Componente → Specifica quale componente o pezzo risulta essere guasto o rotto
- Punto impianto
- N° postazione macchina
- Anomalia
- In che stato lavora la macchina → Può essere:
  - 1) Parziale → la macchina continua a lavorare anche se presenta un guasto;
  - 2) Totale → la macchina è ferma;



**Figura 55:** Creazione TAG sul TEROTECH [26]

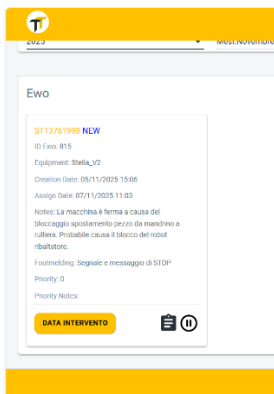
## **Capi squadra dei manutentori del Team di Manutenzione professionale**

Essi utilizzano il TEROTECH per visualizzare le segnalazioni di guasto (EWO) e di degrado macchina (TAG) come precedentemente mostrato in Figura 52, decidendo e stabilendo quale guasto risulta essere prioritario per l'assegnamento dei manutentori che dovranno svolgere l'intervento di ripristino guasto o ripristino degrado macchina.

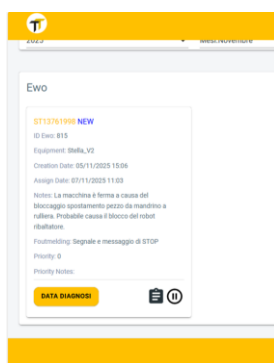
## **Manutentori**

I manutentori svolgono un ruolo fondamentale per avere a disposizione il maggiore numero di informazioni corrette possibili sui guasti e sugli interventi effettuati.

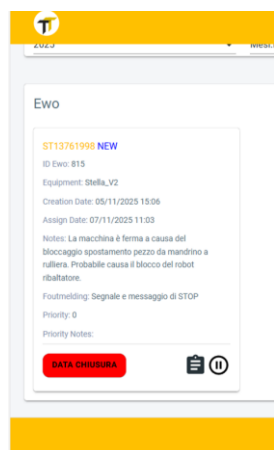
Essi quando gli viene assegnato un intervento tramite il TEROTECH cliccano sul pulsante "DATA INTERVENTO" della segnalazione guasto (EWO) assegnata (Figura 56), successivamente dopo aver effettuato la diagnosi del guasto e dopo aver capito la causa del guasto cliccano sul pulsante "DATA DIAGNOSI" (Figura 57), infine dopo aver completato l'intervento cliccano sul pulsante "DATA CHIUSURA" (Figura 58), così facendo viene registrato sul TEROTECH la data e gli orari di quando e di come si è svolto l'intervento.



**Figura 56: DATA INTERVENTO [26]**



**Figura 57: DATA DIAGNOSI [26]**



**Figura 58: DATA CHIUSURA [26]**

Dopo aver completato l'intervento e aver riparato il guasto, i manutentori inseriscono sul TEROTECH (Figura 59a e Figura 59b), in base alla EWO corrispondente all'intervento che hanno svolto, le informazioni riportanti:

- Descrizione del guasto
- Descrizione dell'intervento
- Causa radice
- I nominativi di chi ha effettuato l'intervento
- Ricambi utilizzati

**Figura 59a: EWO [26]**

**Figura 59b: EWO [26]**

Dopo che il manutentore ha compilato la EWO sul TEROTECH si ha la possibilità di esportare tutte le informazioni inserite in un file excel, dove viene riprodotto il foglio della EWO, mostrato nel sottocapitolo 3.4, compilato con tutte le informazioni dove successivamente noi Team di Ingegneria della Manutenzione utilizzeremo per filtrare le informazioni che ci serviranno per effettuare numerose analisi di comprensione dei guasti per migliorare ed ottimizzare i vari processi e i vari metodi di risoluzione e di prevenzione dei guasti nel Plant.

#### 4.5.1 Software gestionale TEROTECH: Attività di training

Essendo un cambiamento importante la digitalizzazione della manutenzione e la creazione di un database dei guasti e dei degradi macchina avvenuti, durante l'attività di tirocinio ho svolto delle brevi sedute di training e di spiegazione delle funzionalità e soprattutto dell'utilizzo del Software gestionale TEROTECH ai capi squadra di MBU1 ed MBU3, ai capi squadra dei manutentori e ai manutentori stessi per fare in modo che il cambiamento e l'utilizzo del TEROTECH per il tracciamento dei guasti non risulti essere troppo complicato o pesante.

#### 4.5.2 Software gestionale TEROTECH: Attività di assistenza e supporto

Una delle attività svolte durante il tirocinio è stata quella di fornire assistenza e la massima disponibilità nel supportare ed aiutare le varie figure all'interno del Plant all'utilizzo del TEROTECH per la segnalazione dei guasti (EWO), per la segnalazione dei degradi macchina (TAG) e durante il processo di compilazione e inserimento informazioni e dati riguardanti gli interventi di ripristino guasti o degradi effettuati dai manutentori, con l'obiettivo di avere a disposizione una grande quantità di dati e di informazioni che siano il più corretti ed utili possibili.

## 4.6 CAR (Capital Appropriation Request)

### 4.6.1 Definizione

La richiesta di appropriazione di capitale (CAR) è una parte essenziale di un processo di pianificazione del capitale integrato. Una volta completato il piano di investimento annuale ossia il piano di allocazione e di raccolta del capitale, si avvia un processo formale per l'approvazione della spesa. Il processo CAR richiede l'acquisizione e la definizione di nuove idee, di nuovi progetti su cui investire, lo sviluppo di un business case formale per l'identificazione del ROI, del NPV (VAN) e di altri parametri decisionali degli investimenti e, infine, l'approvazione dell'investimento.

Il processo di ottenimento del capitale si compone di 3 fasi principali:

- 2) Definizione e descrizione del motivo della richiesta o del progetto su cui si vuole investire
- 3) Analisi di fattibilità (Sviluppo e analisi del business case)
- 4) Finanziamento e approvazione

In ambito aziendale si ha spesso una soglia di finanziamento che richiede la creazione e la redazione, da parte dell'azienda, di un business case completo con la sua successiva presentazione sotto forma di presentazione PowerPoint a un comitato per l'approvazione.

A seconda delle dimensioni dell'azienda, la soglia può variare da un minimo di cinquantamila a oltre un milione di dollari. Una volta raggiunta questa soglia, un investimento non può ricevere finanziamenti senza la presentazione e la creazione di un business case formale.

Il business case è un'analisi più approfondita dell'idea e del progetto sul quale si vuole effettuare l'investimento, e richiede l'inserimento di dati finanziari aggiuntivi e una valutazione del rischio. I componenti chiave del business case includono i dati acquisiti nella fase di ideazione e di definizione del progetto, seguiti dalla successiva elaborazione dei seguenti elementi:

- Descrizione completa della proposta di investimento
- Elaborazione dei dati finanziari, inclusi costi e benefici dettagliati
- Allineamento strategico degli investimenti all'azienda
- Valutazione del rischio sia operativo che finanziario
- Metriche chiave, tra cui NPV (VAN), IRR %, periodo di ammortamento e ROI [23]

#### 4.6.2 Le CAR nell'ambito della Manutenzione Professionale PM in CNH Industrial Italia S.p.A.

Una delle attività svolte, durante l'esperienza di tirocinio presso l'ente di Ingegneria della Manutenzione dello Stabilimento di Modena di CNH Industrial Italia S.p.A., è stata quella della preparazione, della stesura e della presentazione delle CAR per l'ottenimento di capitali maggiori di cinquantamila dollari per lo svolgimento di progetti riguardanti:

- Il Retrofitting, ossia la Riqualficazione, e il Revamping ossia il Rinnovamento delle varie macchine a controllo numerico (CNC), dei vari banchi prova presenti nel reparto del Machining MBU1 e delle varie linee di assemblaggio, dei vari banchi prova presenti nel reparto Assembly MBU3
- Il Restoration ossia il Ripristino delle condizioni di sicurezza dei componenti, delle apparecchiature e delle varie strutture presenti su ogni macchina a controllo numerico (CNC), su ogni banco prova presente nel reparto del Machining MBU1 e sulle varie linee di assemblaggio e sui vari banchi prova presenti nel reparto Assembly MBU3

La CAR non è altro che un business case scritto e presentato sotto forma di presentazione PowerPoint, come descritto nel sottocapitolo 4.6.1, dove quello che prepariamo noi come Ingegneria della Manutenzione viene strutturato con il seguente indice:

1. Executive summary
2. One page CAR summary
3. Technical overview
4. Investment and reference to Budget / Last FCST
5. Project savings
6. Financials (without Sensitivity Income Tax Payment)
7. Timing
8. Attachments
9. Backup

## Executive Summary

La slide o pagina dell'Executive Summary (Figura 61) si suddivide in 4 sezioni:

- 1) Background e Objective
- 2) Focus and Investment Total
- 3) Project description e Benefits
- 4) Saving, Project planning and Financials

### 1. Executive summary

<p><b>Background</b>          MANDELLI SPARK 1 (UTE 1222), MANDELLI SPARK 3 (UTE 1222) and MANDELLI SPARK 4 (UTE 1222) are subjected to several breakdowns, minor stoppages and speed losses.          MANDELLI SPARK 1: main issue are breakdown due to Z axis and X axis problems.          MANDELLI SPARK 3: main issue are breakdown due to tool magazine problems.          MANDELLI SPARK 4: main issue are breakdown due to electrical system problems.</p> <p><b>Objective</b>          The interventions on MANDELLI SPARK 1, MANDELLI SPARK 3 and MANDELLI SPARK 4 are focused to maintain the productive capacity through the increase of the machining center efficiency, to reduce breakdowns caused by deterioration and TTR.</p>	<p><b>Project description</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Retrofit of the Z axis and X axis for MANDELLI SPARK 1;</li> <li>Retrofit of the tool magazine for MANDELLI SPARK 3;</li> <li>Retrofit of the electrical system for MANDELLI SPARK 4;</li> </ul> <p><b>Benefits</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Breakdowns prevention;</li> <li>Minor stoppages reduction;</li> <li>TTR reduction;</li> <li>OEE increase;</li> <li>Efficiency improvement.</li> </ul>																
<p><b>Focus</b></p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Saving (CBS)            <input type="checkbox"/> Capacity increase            <input type="checkbox"/> Quality process Improv  <input type="checkbox"/> EHS / Legal            <input checked="" type="checkbox"/> Business continuity / Capacity maintenance         </p> <p><b>Investment Total:</b> <input type="text"/> <b>kUSD</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>kUSD</th> <th>2023</th> <th>2024</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Capex</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>Expenses</i></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>TOTAL</b></td> <td><b>0</b></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	kUSD	2023	2024	TOTAL	<i>Capex</i>				<i>Expenses</i>				<b>TOTAL</b>	<b>0</b>			<p><b>Saving:</b> <input type="text"/> <b>kUSD / year (12 months)</b></p> <p> <input checked="" type="checkbox"/> Hard (CBS) or CD Plus            <input checked="" type="checkbox"/> Virtual            <input type="checkbox"/> Cost Avoidance         </p> <p><b>Project planning</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>First spending: Jun 24</li> <li>Completion: Sept 24</li> </ul> <p><b>Financials</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>NPV (5y) k\$</li> <li>DPB from time zero: 1y ,11m</li> <li>DPB from launch: 1y ,08m</li> <li>IRR: 68,3 %</li> </ul>
kUSD	2023	2024	TOTAL														
<i>Capex</i>																	
<i>Expenses</i>																	
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>																

Figura 61: Executive Summary [26]

Nella sezione “Background e Objective” si hanno rispettivamente la descrizione del problema o dei problemi e il motivo per il quale si vuole richiedere il capitale ed effettuare l’investimento.

Nella sezione “Focus and Investment Total” viene riportato l’ammontare totale in [kUSD] del capitale che si vuole richiedere e dell’investimento che si vuole fare, insieme ad una tabellina che riporta come la cifra totale richiesta verrà suddivisa in Capex (CF) e in Expenses (PF) dove il Capex rappresenta la quantità di capitale che verrà speso per la ricambistica e l’Expenses rappresenta la quantità di capitale speso per gli interventi e le attività di controllo, riparazione e di ripristino effettuate dalle ditte esterne.

Nella sezione “Project description e Benefits” si hanno rispettivamente la descrizione del progetto del quale si vuole fare l’investimento e i risultati che si otterranno effettuando tale investimento.

Infine, nella sezione “Saving, Project planning e Financials” viene riportato:

- il Saving ovvero la quantità di dollari che l’azienda risparmierebbe in un anno se venisse fatto l’investimento.

Viene calcolato con la seguente formula:

$$Saving = (Virtual Saving + Hard Saving + Cost Avoidance) [kUSD/anno]$$

- la data di quando si sosterrà la prima spesa e la data di completamento del progetto
- il valore del NPV (VAN) dopo 5 anni, il quale permette di determinare se un investimento è vantaggioso rispetto ai rischi associati.

Viene calcolato con la seguente formula:

$$NPV = \sum \left( \frac{Flussi\ di\ cassa\ futuri}{(1+r)^t} \right) - Esborso\ iniziale [K\$] [24]$$

- il tempo in anni in cui l’azienda rientrerà nell’investimento, dove CNH Industrial Italia SpA ha come valore limite 2 anni e 6 mesi

- l'IRR ossia il Tasso Interno di Rendimento che permette di valutare la convenienza dell'investimento.

Viene calcolato con la seguente formula:

$$IRR\% = \frac{(\text{Flussi di cassa})}{(1+r)^i} - \text{Investimento iniziale} [\%] [25]$$

## One page CAR summary

In questa sezione viene riportata una tabella excel (Figura 62) dove si ha un riassunto dell'investimento dove vengono riportati:

- la descrizione e l'obiettivo dell'investimento
- le immagini dei componenti o delle attrezzature prima dell'investimento e dopo l'investimento
- l'ammontare dell'investimento che si vuole sostenere con il valore del Capital e dell'Expenses
- il valore dell'NPV (VAN) e dell'IRR%
- l'ammontare totale del Saving con anche l'ammontare del Virtual ed Hard Saving e del Cost Avoidance
- la data in cui si sosterrà la prima spesa e la data di termine del progetto

## 2. One Page CAR Summary

Capital Appropriation Request		F-AMO0071_CF_24_MOD F-AMO0071_Pf_24_MOD		BUSINESS		PLANT											
				AGRICULTURE		MODENA											
MOTIVATION	Capacity Maintenance		PILLAR (CBS)		PM	ATTACKED LOSS											
OBJECTIVE/PROJECT DESCRIPTION		AS IS			TO BE												
<p>The interventions on MANDELLI SPARK 1, MANDELLI SPARK 2 and MANDELLI SPARK 4 are focused to maintain the productive capacity through the increase of the machining center efficiency, to reduce the stoppages caused by deterioration and PM.</p> <p>Project description:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Improvement of coolant systems for the high pressure</li> <li>Realigning rollers and rollers</li> <li>Replacement of guides and roller sliders</li> <li>Manipulator and JRC arm Overhaul</li> <li>Hydraulic and pneumatic systems overhaul</li> <li>Sensors and tool load/unload clamp improvement</li> <li>Improvement of electric components</li> <li>Electric motor improvement</li> <li>Replacement of obsolete components (sensors, cables, electronic boards)</li> </ul>																	
INVESTMENT (kUSD)		SPENDING PLAN (kUSD)		FINANCIALS				SAVING 12 months (kUSD)				PROJECT PLANNING					
Capital	Expenses	total	2024	2025	Simple Payback (y,m)	Payback from time zero (y,m)	Payback from launch (y,m)	NPV (€)	IRR (%)	CBS perimeter	Hard	Virtual	Cost Avoidance	CD Plus	TOTAL	First spending	Completion
						1y, 1m	1y, 08m		68,30%						0,0	Jun 2024	Sept 2024
BENEFITS		Breakdowns prevention: Minor stoppages reduction: TTR reduction: OEE increase: Efficiency improvement															
RISKS / ALTERNATIVES		Long waiting time/Maintain current process															

4

Mandelli Spark 1-3-4. Modena, January 2024

General business



**Figura 62:** One page CAR summary [26]

### Technical overview

Quando si redige una CAR per il rinnovamento o la riqualificazione di un macchinario, di un'attrezzatura o di una linea basandosi sulle ore di guasto e di fermo macchina si ha che questa sezione si suddivide in 2 sottosezioni:

- 1) Project Location
- 2) Breakdown Hours

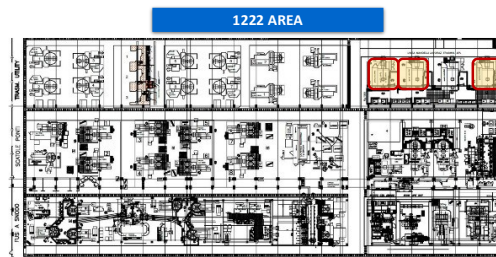
In "Project Location" (Figura 63) viene riportato il layout dell'area interessata dal progetto con anche una breve descrizione anagrafica dei macchinari o delle attrezzature interessate dall'investimento.

## 4. Technical Overview

PROJECT LOCATION

### Attacked Machines:

- MANDELLI SPARK 1  
Matr. S3011C  
Year of Manufacture: 2008
- MANDELLI SPARK 3  
Matr. S3012C  
Year of Manufacture: 2008
- MANDELLI SPARK 4  
Matr. S3013C  
Year of Manufacture: 2008



6

Mandelli Spark 1-3-4. Modena, January 2024

General business

CNH  
INDUSTRIAL

**Figura 63:** Technical overview [26]

La seconda sottosezione “Breakdown Hours” (Figura 64a e Figura 64b) si struttura in 3 parti:

- La prima parte consiste nel riportare con un’analisi di pareto le ore totali di guasto relative ad un anno specifico, normalmente lo stesso anno in cui si vuole effettuare l’investimento, per poi splittarle, separarle riconducendole alle differenti cause di guasto per capire quale guasto impatta maggiormente che rappresenterà il motivo per il quale andremo ad effettuare l’investimento
- La seconda parte consiste nel mostrare l’AS IS, ossia le condizioni attuali del nostro componente, riportando con un grafico le ore totali del guasto accompagnato da delle immagini
- La terza parte consiste nel mostrare il TO BE, ossia le condizioni del componente successivo all’investimento, riportando le ore di guasto che si eliminerebbero effettuando le attività di ripristino e di ricondizionamento accompagnate da delle immagini. La previsione delle ore di guasto che si eliminerebbero viene fatta andando a giustificare tale fatto riportando il risultato e l’effetto di interventi svolti su guasti simili o uguali, andando ad osservare la percentuale di riduzione delle ore di guasto, applicandola successivamente al calcolo delle ore del TO BE

#### 4. Technical Overview – MANDELLI SPARK 1

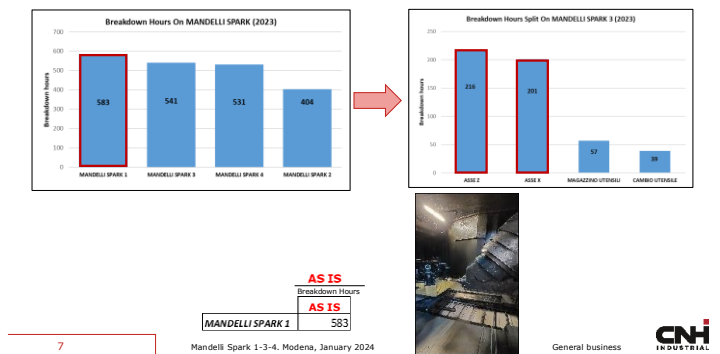


Figura 64a: Technical overview - AS IS [26]

#### 4. Technical Overview – MANDELLI SPARK 1

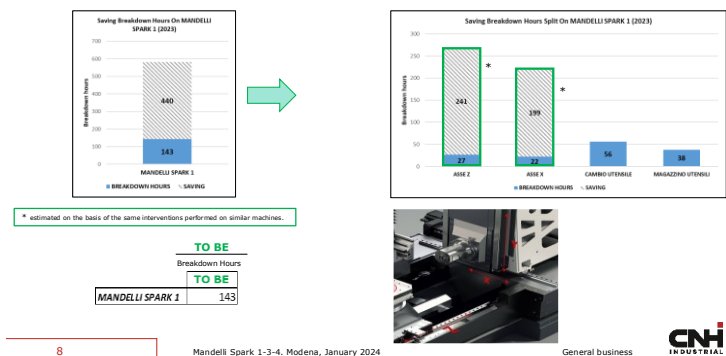


Figura 64b: Technical overview - TO BE [26]

## Investment and reference to Budget / Last FCST

In questa sezione (Figura 65) si hanno 2 tabelle dove viene riportato l'ammontare totale dell'investimento che si sosterrà riportando il motivo dell'investimento e l'ammontare del Capex e dell'Expenses.

## 6. Investment and reference to Budget / Last FRC

DESCRIPTION	MACHINE	FIXED ASSETS	EXPENSES	TOTAL
sostituzione pattini e vite asse z + cablaggio elettrico	MANDELLI SPARK 1			
sostituzione pattini e motore asse x + cablaggio elettrico	MANDELLI SPARK 1			
TOTAL				
Manipulator and ATC arm Overhaul	MANDELLI SPARK 3			
Hydraulic and pneumatic systems overhaul	MANDELLI SPARK 3			
Sensors and tool load/unload clamp Improvement	MANDELLI SPARK 3			
TOTAL				
Improvement of electric components	MANDELLI SPARK 4			
Electric motors improvement	MANDELLI SPARK 4			
Replacement of obsolete components (Sensors, cables, electronic boards)	MANDELLI SPARK 4			
TOTAL				
TOTAL				

FIXED ASSETS		ENTRIES (Cash Flow)				
Total (k€)		2021	2022	2023	2024	Total
CAR						
BDO 23						
DELTA vs. BDO 23						

EXPENSES		ENTRIES (Cash Flow)				
Total (k€)		2021	2022	2023	2024	Total
CAR						
BDO 23						
DELTA vs. BDO 23						
Total CAR						

17

Mandelli Spark 1-3-4. Modena, January 2024

General business



Figura 65: Investment and reference to Budget / Last FRC [26]

## Project savings

In questa sezione (Figura 66) viene effettuata l'analisi costi/benefici B/C, trattata nel sottocapitolo 3.4.2, per capire la convenienza e la bontà dell'investimento.

## 5. Project Saving

Hard Saving - Cost Avoidance

CALCULATION MEMORY FOR SAVING (Capex)									
Plant: MODENA		Project: retrofit spindles for MANDELLI SPARK 1, retrofit our changer for MANDELLI SPARK 3 and to renew tool magazine for MANDELLI SPARK 4							
TYPE OF LOSS:		Breakdown + Production losses + Make/Buy (Breakdown caused)							
C MATRIX (description):		N.A.							
E MATRIX (description):		N.A.							
		Period considered in this calculation: 12 Months							
		ACTUAL COST (Year):				FUTURE COST (Year):			
Saving Type	Description	Unit	Old Unit.	Local Currency Cost / Unit	Value / Year	Old Unit.	Local Currency Cost / Unit	Value / Year	
Virtual Saving (CBS perimeter)	MFG cost	h							
Hard Saving (CBS perimeter)	Spare Parts	€			*				
Hard Saving (CBS perimeter)	Intervention By External Technicians	h							
Cost avoidance (CBS perimeter)	Spare Parts (2024)	€							
Cost avoidance (CBS perimeter)	Intervention By External Technicians (2024)	h							
		Total							

\* Average Cost

Country	ITA	€	USD
Benefits / Year			
Investment			
Payback from time zero (Yr, Mths)		1y, 11m	
Payback from Launch (Yr, Mths)		1y, 08m	
Simple Payback (B/C)		2,4	

116
1y, 11m
1y, 08m
68,3%

16

Mandelli Spark 1-3-4. Modena, January 2024

General business



Figura 66: Project saving [26]

Tale rapporto si calcola con la seguente formula:

$$\frac{B}{C} = \frac{Total}{\left(\frac{CF}{6} + PF\right)}$$

Si ha che il valore del Capex (CF) e dell'Expenses (PF) è pari alla somma in euro che abbiamo stabilito nella sezione "Focus e Investment Total".

L'importo di Virtual Saving si ottiene moltiplicando le ore di guasto della causa che vogliamo risolvere effettuando l'investimento con il costo medio orario della manodopera interna dei manutentori:

**Virtual Saving = Ore di guasto x Costo medio orario della manodopera [€]**

*Costo medio orario della manodopera = (n° medio di manutentori per intervento x costo orario medio di lavoro)<sub>h</sub><sup>€</sup>*

dove:

- n° medio di manutentori per intervento = 1,5
- costo orario medio di lavoro = 31,345  $\left[\frac{€}{h}\right]$

L'importo di Hard Saving è costituito dalla somma di 3 Hard Saving:

- Hard Saving relativo alla ricambistica (spare parts) acquistata ed utilizzata nell'anno di riferimento sulla macchina o attrezzatura sul quale si vuole effettuare l'investimento per svolgere attività di riqualificazione e di rinnovamento
- Hard Saving relativo agli interventi di manutenzione effettuata da ditte esterne (External Interventions) sulla macchina da riqualificare o rinnovare
- Hard Saving relativo agli scarti (scrapes) prodotti dalla macchina da riqualificare o rinnovare

L'Hard Saving relativo alla ricambistica (spare parts) si calcola sommando il costo totale in euro dei ricambi acquistati ed utilizzati sulla macchina da riqualificare nell'anno di riferimento.

L'Hard Saving relativo agli interventi esterni (External Interventions) si calcola sommando il costo totale in euro degli interventi manutentivi

effettuati dalle ditte esterne sulla macchina da riqualificare nell'anno di riferimento.

L'Hard Saving relativo agli scarti (Scrapes) si calcola sommando il costo totale in euro degli scarti prodotti dalla macchina da riqualificare nell'anno di riferimento.

Il Cost avoidance invece rappresenta la percentuale di costi che andremo ad eliminare effettuando l'investimento. Si ha che il Cost Avoidance è dato dalla somma del Cost Avoidance relativo alla ricambistica (Spare parts), agli interventi esterni (External Interventions) e agli scarti (Scrapes).

Noi come Team di Ingegneria della Manutenzione abbiamo stabilito, mediante varie analisi, che ciascuno di questi 3 Cost Avoidance risulta essere pari al 15% dell'Hard Saving corrispondente.

## **Financials (without Sensitivity Income Tax Payment)**

In questa sezione vengono riportati il valore dell'NPV (VAN), del ROI e dell'IRR%.

## **Timing**

In questa sezione vengono riportate le seguenti date:

- CAR Approval: data di approvazione della CAR al comitato di approvazione
- First Commitments due: data di inizio o di avviamento del progetto
- Expenditures to begin: data di quando si sosterrà la prima spesa
- Delivery and installation: data di quando inizieranno le attività di rinnovamento e di ricondizionamento
- Completion/SOP: data di completamento del progetto

# Attachments

In questa sezione vengono riportate diverse tabelle excel che mostrano e riportano:

- Descrizione dell'investimento (Figura 67)
- Dettagli dell'investimento: Capital in House (Figura 68)
- Dettagli dell'investimento: Project Expenses (Figura 69)
- Project saving (Figura 70)
- Cash flow (Flussi di cassa) (Figura 71)

### 9. Attachments

**Introduction / Synthesis chart**

**Retrofit spindles for MANDELLI SPARK 1, retrofit Tool changer for MANDELLI SPARK 3 and to run new tool magazine for MANDELLI SPARK 4**

**Project**

Funding of 141 KE (100 KE Copper and 41 KE project expenses) is requested in the with Modena Plant 2023 Investments, include TMSO Capex Maintenance Code 47. Funding is requested in order to carry out an important and necessary machine improvement activities.

**Project Description**

The present project asks for funding that is necessary to avoid MANDELLI SPARK 1 (SITE 1222), MANDELLI SPARK 3 (SITE 1222) and MANDELLI SPARK 4 (SITE 1222) breakdowns, minor stoppage and avoid losses. In order to reduce total four months and to proceed to organize the following activities of MANDELLI SPARK 1, MANDELLI SPARK 3 and MANDELLI SPARK 4:

- Replacement of coolant system for the high pressure
- Grinding and Glazing work
- Replacement of guides and spiral rollers
- Maintenance and electric Control
- Hydraulic and pneumatic systems overhaul
- Sensors and tool magazine clamp improvement
- Replacement of electric components
- Electric motor improvement
- Replacement of obsolete components (Sensors, cables, electronic board)

**Risks**

Machines are currently not reporting back conditions, several breakdowns and substantial losses occur, OEE is low. The Machine is over aged, an investment is needed to increase OEE.

**Benefit**

Breakdowns reduction and TTR Reduction, OEE increase

**Risk of not Doing the Project**

Impossibility to reduce breakdowns and achieve improvement

**Advantages**

Major current situation

**Investment - Plan for disposal of existing Assets**

**Required Disposal**

No Disposal

21
Mandelli Spark 1-3-4. Modena, January 2024
General business

Figura 67: Descrizione dell'intervento [26]

## 9. Attachments

Investment detail - Capital in house

CAPITAL in HOUSE - Investment Detail										
Retrofit spindle for MANDELLI SPARK 1, retrofit Tool changer for MANDELLI SPARK 3 and to renew tool magazine for MANDELLI SPARK 4										
Currency/000 USD					Total by Location in Local Currency /000					
Code	By Process / Activity:			Total	2023	2024	2025	2026	2027	Total
F	Fabrication	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	Building / Facilities	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W	Welding	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	Painting	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	Assembly & Testing	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	Logistics & Material handling	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	Machining	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O	Other (Furniture&Fittings, HW, ...)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>Total</b>									

Capital Details		Supplier	Total
1	Maintenance Activities	TBD	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
47			
48			
49			
50			
...			

Location	Currency	2023	2024	2025	2026	2027	Total	Process Activity
LW_MO - Modena	EUR							O

22

Mandelli Spark 1-3-4. Modena, January 2024

General business



Figura 68: Capital in House [26]

## 9. Attachments

Investment detail - Project Expenses

PROJECT EXPENSES - Investment Detail										
Retrofit spindle for MANDELLI SPARK 1, retrofit Tool changer for MANDELLI SPARK 3 and to renew tool magazine for MANDELLI SPARK 4										
Currency/000 USD					Total by Location in Local Currency /000					
Code	By Type of Expense:			Total	2023	2024	2025	2026	2027	Total
PM	Plant/Site rearrangement	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GE	General Plant/Site & Equipment	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TE	Test Equipment Modifications	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TM	Tooling Modifications	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TO	Tooling Obsolescence - Mfg	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PO	ICT Prj Organization	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PR	ICT Prj Realization	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OTH	Other	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>Total</b>									

Project Expns. Details		Total
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
50		
...		

Location	Currency	2023	2024	2025	2026	2027	Total	Type of Expenses
LW_MO - Modena	EUR							PO

23

Mandelli Spark 1-3-4. Modena, January 2024

General business



Figura 69: Project Expenses [26]

## 9. Attachments

### Project Savings

PROJECT SAVINGS (Annual Impact)																	
Retrofit spindle for MANDELLI SPARK 1, retrofit Tool changer for MANDELLI SPARK 3 and to renew tool magazine for MANDELLI SPARK 4																	
CURRENT SITUATION						PROPOSED											
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	total	2024	2025	2026	2027	2028	2029				
<b>VARIABLE BURDEN</b>																	
Details	Hours	Cost/Hours	LC'000					Hours	Cost/Hours	LC'000							
Some parts																	
External Interventions																	
<b>Other: explain</b>																	
Details	LC'000							Details	LC'000						LC'000	USD	EUR
breakdown Hours								breakdown Hours									
<b>TOTAL COST</b>																	

24

Mandelli Spark 1-3-4. Modena, January 2024

General business



Figura 70: Project saving [26]

## 9. Attachments

### Cash Flow

Retrofit spindle for MANDELLI SPARK 1, retrofit Tool changer for MANDELLI SPARK 3 and to renew tool magazine for MANDELLI SPARK 4 CASH FLOW - Financial Results @ Constant Exch. Rate														
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	Total	Total #RF
Currency/000	Approval													
USD	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			EUR
year for discount														
Capital In House (MAKE)														
Supplier Tooling (BUY)														
Project Expense														
Mfg Launch														
Mkt Launch														
Other not capitalized														
Intangible Assets														
<b>Total Investments one time ( ) = cost</b>														
<b>Working Capital ( ) incr.</b>														
<b>Total Project Costs ( )</b>														
<b>Annual Incr Margin ( Losses )</b>														
<b>Grant Subsidies sign "+" and recovery "-"</b>														
<b>Taxes on Result From Operations</b>														
Fixed Asset Residual Value: always sign +														
Net Cash Flow														
Discounted Cash Flow	10.5%													
Cumulative DCF														
NPV													116	105
Payback from Time zero - (Yr, Mths)													1y, 11m	1y, 11m
Payback from Launch - (Yr, Mths)													1y, 09m	1y, 09m
IRR													68.3%	68.3%

26

Mandelli Spark 1-3-4. Modena, January 2024

General business



Figura 71: Cash flow [26]

## Backup

La sezione "Backup" risulta essere l'ultima del business case relativo alla CAR, dove viene riportata la tabella relativa al Project Savings dove vengono illustrati tutti i calcoli relativi al Virtual Saving, all'Hard Saving e del Cost Avoidance descritti precedentemente.

## Conclusioni

Questo progetto essendo ancora in fase embrionale in termini di sviluppo e di organizzazione soprattutto nell'ambito della digitalizzazione, del tracciamento dei guasti e degli interventi manutentivi svolti mediante l'utilizzo e lo sfruttamento del Software gestionale TEROTECH non presenta e non si hanno dei risultati tangibili e concreti che possano stabilire e confermare una migliore efficacia ed efficienza nell'adottare una manutenzione professionale PM pianificata e preventiva rispetto ad una manutenzione professionale PM a guasto o reattiva.

Nonostante questo, le numerose analisi che abbiamo effettuato dei dati, del materiale, delle risorse e delle informazioni che abbiamo a disposizione e raccolto in questi 4 mesi di tirocinio ci hanno permesso di programmare, pianificare e fare delle previsioni sulle attività manutentive di prevenzione guasti da svolgere in futuro sulle macchine e sulle linee e sui risultati dei KPI utili a valutare la qualità della manutenzione all'interno del Plant.

Soprattutto l'utilizzo del TEROTECH ci ha permesso di tracciare e di avere uno storico sulle varie macchine e sulle varie linee delle unità MBU1 ed MBU3:

- Dei guasti che si sono verificati
- Delle attività manutentive di ripristino guaste svolte
- Dei ricambi strategici e non che sono stati utilizzati e montati

Il tracciamento e lo storico dei guasti ci ha permesso di capire quali sono le macchine più fragili, critiche e soggette a guasto sul quale pianificare e programmare, sul calendario PM, le attività manutentive di prevenzione sui vari gruppi e sottogruppi macchina, evitando che i guasti si ripresentino in futuro programmando anche l'acquisto dei ricambi strategici più utilizzati evitando di effettuare e sostenere spese improvvise rallentando di conseguenza il processo di intervento che comporterebbe un rallentamento della produzione. Il tracciamento permette anche di compilare ed effettuare delle EWO più accurate e precise con l'inserimento di un maggior numero

di informazioni riguardanti l'intervento, i manutentori e le cause del guasto.

Mentre il tracciamento degli interventi di ripristino guasti effettuati permette di capire e di andare a vedere, quando se ne ha necessità, cosa è successo, cosa è stato fatto e quanto tempo è durato l'intervento andando a migliorare indicatori come l'MTTR e l'MTBF, riducendone il proprio valore di un coefficiente pari a 1,7.

Come Team di Ingegneria della Manutenzione abbiamo definito e sviluppato, per un utilizzo futuro, un nuovo KPI chiamato "Disponibilità tecnica" che rappresenta l'effettiva disponibilità produttiva di una macchina o di una linea in tempo reale che riporta in percentuale sia quanto la macchina è sana in un determinato momento e sia quanto non lo è, ovvero se presenta un guasto o un degrado.

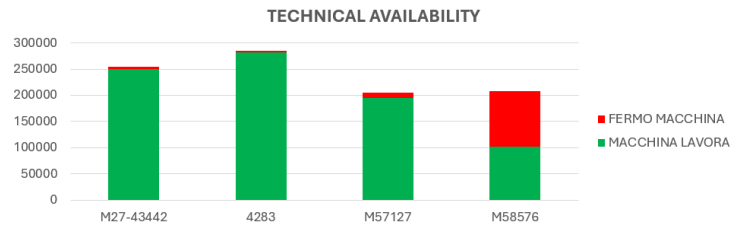
Questo indicatore KPI per ogni macchina viene calcolato con la seguente formula:

$$\text{Disponibilità tecnica} = \frac{MTBF}{\text{minuti annuali di effettivo utilizzo della macchina}} [\%]$$

Insieme al team IT di RADA S.r.l. stiamo cercando di creare e di rendere visibile sul TEROTECH questo KPI mediante la realizzazione di una Dashboard apposita (Figura 72) che:

- riporti la percentuale di disponibilità tecnica della macchina
- mostri per ciascuna macchina un istogramma a 2 colori, dove la porzione in verde rappresenta il fatto che la macchina sia disponibile e la porzione in rosso il fatto che la macchina presenti un guasto un degrado

From (data) To (data) DPT AREA LINE OP MC



MACHINE	TECHNICAL AVAILABILITY
M27-43442	83%
4283	86%
M57127	73%
M58576	50%

**Figura 12:** KPI Dashboard disponibilità tecnica [26]

## Bibliografia

- [20] [analisi EWO - Solo uno dei tanti moduli da compilare o qualcosa di più?](#)
- [17] [Programma di manutenzione preventiva: 7 step per crearlo - BibLus](#)
- [14] [Professional Maintenance: Book of Knowledge Version: 2.0 S. D'Aprile – F. Pacella](#)
- [11] [Manutenzione proattiva: cos'è e perché sceglierla | Henkel Adhesives](#)
- [16] [Che cos'è la manutenzione programmata? | IBM](#)
- [23] [Part III: Capital Appropriation Request and Approval - Inpensa](#)
- [5] [Guida Completa alle 5S e alla Formazione 5S | KAIZEN™](#)
- [4] [Cost Deployment: Gestione dei Costi - Lean Thinking](#)
- [7] [A Step-by-Step Guide To A3 Problem Solving Methodology » Learn Lean Sigma](#)
- [15] [Manutenzione Programmata | Mainsim CMMS Academy](#)
- [13] [Manutenzione reattiva spiegata: definizione e casi d'uso](#)
- [9] [Tipi di manutenzione | Mainsim CMMS Academy](#)
- [18] [Manutenzione 4.0: la rivoluzione predittiva che riduce i fermi macchina dell'80% nelle fabbriche italiane](#)
- [22] [Moduli S-EWO - Soluzioni » Next, to drive evolution in technology](#)
- [3] [Produzione di Livello Mondiale \(WCM\): Significato, Pilastri e Migliori Pratiche](#)
- [1] [Programma WCM World Class Manufacturing](#)
- [8] [Manutenzione industriale: guida completa | S&T Automation](#)
- [12] [Introduzione alla manutenzione e alla lubrificazione proattiva | SKF](#)

- [6] [SMED \(Single-Minute Exchange of Die\) nel contesto del World Class Manufacturing](#)
- [19] [Manutenzione predittiva 4.0: come l'IoT riduce i fermi impianto del 40% – Software MES Industria 4.0](#)
- [21] [Cos'è il Quick Kaizen e perché è importante in produzione - Sviluppo Manageriale](#)
- [2] [WCM: guida completa al World Class Manufacturing](#)
- [24] [Valore attuale netto - Wikipedia](#)
- [25] [Tasso interno di rendimento - Wikipedia](#)
- [10] [28 Vantaggi e svantaggi principali della manutenzione](#)
- [26] [Fonte propria](#)