



UNIVERSITÀ DI PISA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI

RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE

***Consolidamento della Metodologia T.P.M ad una linea
di assemblaggio automatica: il caso Vitesco
Technologies Italy***

SINTESI

RELATORI

Prof. Ing. Gino Dini
Dipartimento di Ingegneria Civile ed Industriale

Dott. Gian Marco Ciampalini
Vitesco Technologies Italy

IL CANDIDATO

Simone Ascione
ascione.simone94@gmail.com

Sessione di Laurea Magistrale del 15/07/2020

Consolidamento della Metodologia T.P.M ad una linea di assemblaggio automatica: il caso Vitesco Technologies Italy

Simone Ascione

Sommario

Il seguente lavoro di tesi nasce dall'esperienza di tirocinio svolta nello stabilimento di Vitesco Technologies Italy a Fauglia (PI), specializzato nella produzione e vendita di iniettori per importanti case automobilistiche. Lo scopo del tirocinio è stato quello di consolidare i principali pilastri della Total Productive Maintenance applicata ad una linea di assemblaggio automatica, in modo da aumentare l'efficienza della produzione nello stabilimento, riducendo gli sprechi. Il lavoro è iniziato analizzando la linea di assemblaggio e le sue perdite di produzione, procedendo alla scomposizione dell'indicatore OEE nelle sue componenti principali. Dopo aver individuato le principali problematiche e le categorie di perdita con maggiore incidenza negativa sull'OEE, sono stati eseguiti dei progetti di miglioramento, all'interno dei pilastri di Miglioramento Focalizzato, Manutenzione Preventiva e Manutenzione autonoma. In seguito per garantire la sostenibilità e la standardizzazione delle attività, è stato consolidato il pilastro Formazione ed Addestramento attraverso l'utilizzo di strumenti e l'applicazione della metodologia KATA.

Abstract

The following thesis work resulted from the internship experience carried out in the Vitesco Technologies Italy plant in Fauglia (PI), specialized in the production and sale of injectors for major car manufacturers. The purpose of the internship was to consolidate the main pillars of Total Productive Maintenance to an automatic assembly line, in order to increase the efficiency of production in the plant, reducing waste. The work began analyzing the assembly line and its production losses, proceeding with the breakdown of the OEE indicator into its main components. After identifying the major problems and the categories of loss that had the greatest impact on the OEE, improvement projects were carried out, within the pillars of Focused Improvement, Preventive Maintenance and Autonomous Maintenance. Subsequently, to ensure the sustainability and standardization of the activities, the Education and Training pillar was consolidated using tools for training and the application of the KATA methodology.

1. Vitesco Technologies Italy

Vitesco Technologies Italy (ex Divisione Powertrain di Continental Automotive da Settembre 2019) è un fornitore tedesco di tecnologie e componentistica per l'industria automobilistica, che vanta circa 50 stabilimenti sparsi nel mondo. In particolare, lo stabilimento di Pisa, formato dalle sedi di Fauglia e San Piero a Grado, si occupa di progettare, produrre e vendere elettroiniettori e fuel rail per le principali case automobilistiche.

2. L'Elettroiniettore XL3 Long

L'elettroiniettore è un componente del sistema di iniezione di un motore, la cui funzione principale è quella di immettere opportune quantità di carburante tramite degli impulsi elettrici, mandati da una unità di controllo. L'elettroiniettore XL3 Long (prodotto della linea oggetto di tesi) è assemblato completamente all'interno dello stabilimento, prendendo l'iniettore XL3 Short dalla linea precedente e montando componenti prodotti sia internamente nello stabilimento, che acquistati da fornitori esterni.

2.1 La linea di assemblaggio XL3 Long

La linea XL3 Long è composta da una serie di moduli, ovvero macchine responsabili di un determinato processo di produzione, disposti a forma di U (Fig 1) collegati da un nastro trasportatore, che trasporta i pezzi ai moduli.

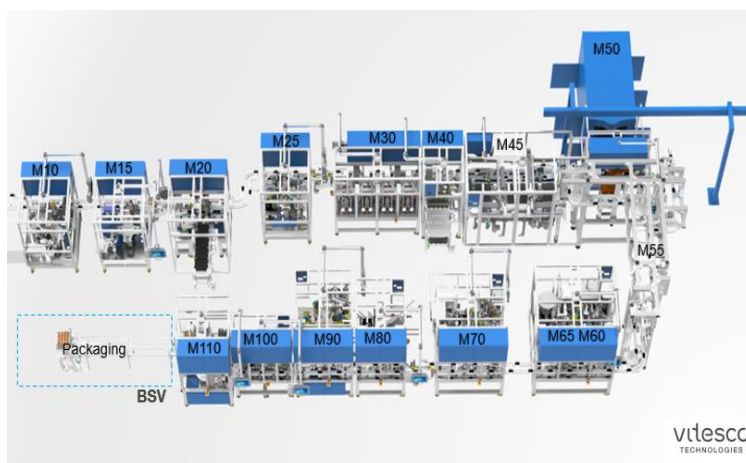


Figura 1: La linea XL3 Long 1

2.2 Obiettivo del progetto di tesi

L'obiettivo del progetto di tesi è quello di analizzare le performance attuali della linea XL3 Long in modo da diminuire o eliminare le perdite e le inefficienze di produzione riscontrate, attraverso l'esecuzione di attività inerenti alla metodologia della Total Productive Maintenance e dei suoi principali pilastri, utilizzando inoltre strumenti e metodologie interne a Vitesco Technologies, come il Visual Management e il KATA.

3 Analisi dello stato attuale

La parte iniziale del lavoro di tesi si è concentrato sullo studio del processo di assemblaggio della linea, e sull'analisi delle sue performance attuali, individuando le perdite e le inefficienze di produzione.

3.1 Deployment dell'OEE

Per analizzare le perdite si è partiti dal calcolo dell'indicatore OEE, utilizzato per valutare l'efficienza di una linea, che esplicita la percentuale di tempo con cui è uscito un prodotto conforme alla prima, rispetto a tutto il tempo effettivamente disponibile per la produzione. I dati sono stati estratti dal database operatore, dove l'operatore è tenuto a segnare i fermi macchina in base alla categoria di appartenenza (guasti macchina, scarti, cambio tipo ecc).

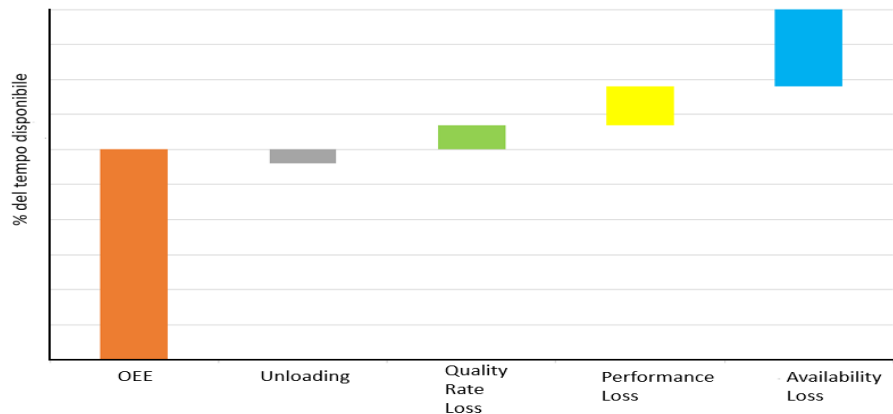


Figura 2: Deployment dell'OEE

In Figura 2 (valori omessi per privacy) è rappresentata la scomposizione nelle sue tre categorie di perdita principali (Quality Rate loss, Performance loss, Availability loss) in funzione del tempo disponibile. L'Unloading rappresenta invece la percentuale di tempo per fermi programmati. In seguito, è stato eseguito un deployment della categoria Availability, per individuare le cause che impattano negativamente sulla disponibilità della linea (guasti macchina, mancanza componenti, cambi tipo ecc), visualizzandole come complemento a 100% sul tempo disponibile (Figura 3, valori omessi per privacy).

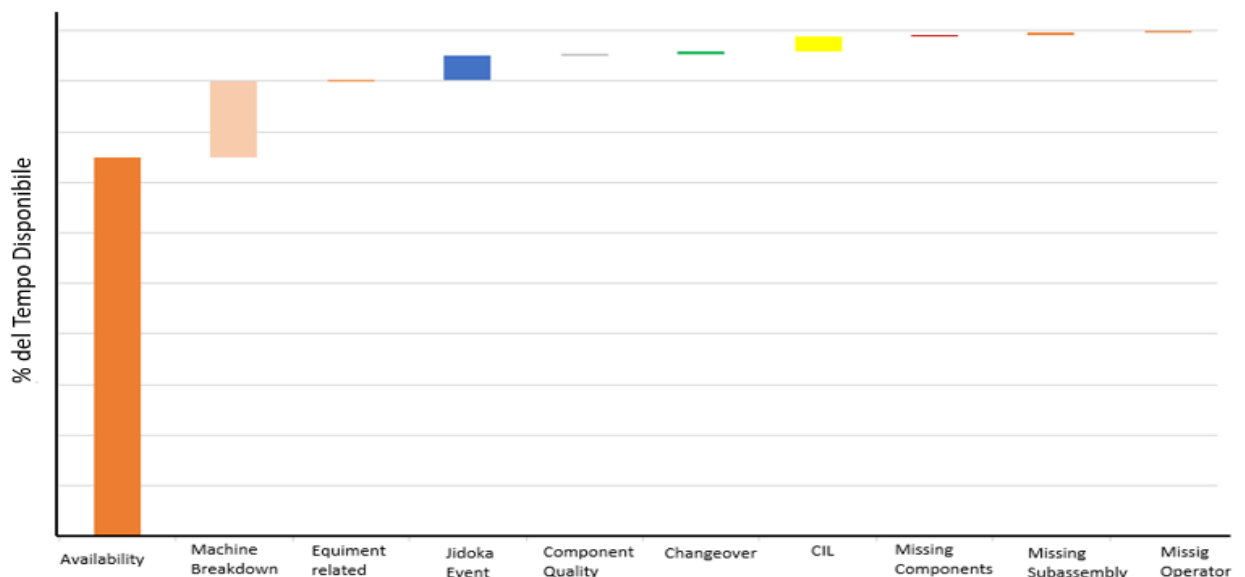


Figura 3: Deployment dell'Availability

L'analisi ha evidenziato un'alta percentuale di fermi della linea per guasti macchina (Machine Breakdown), eventi Jidoka (fermi macchina dovuti ad eccessivi scarti) e per le CIL (attività di pulizia, ispezione e lubrificazione), eseguite dagli operatori sui moduli di linea.

Successivamente è stata analizzata la categoria Jidoka Event attraverso un'analisi di Pareto, rappresentata in Figura 4 (nomi dei moduli e valori omessi per privacy), per capire quali sono stati i moduli più critici, nel periodo preso a riferimento, sia in termini di minuti di fermo (barre blu) sia in termini di occorrenze delle cause Jidoka (quadratini rossi). Il modulo che impatta maggiormente sul Jidoka (Modulo 1) è responsabile delle prove di Leak test sugli iniettori.

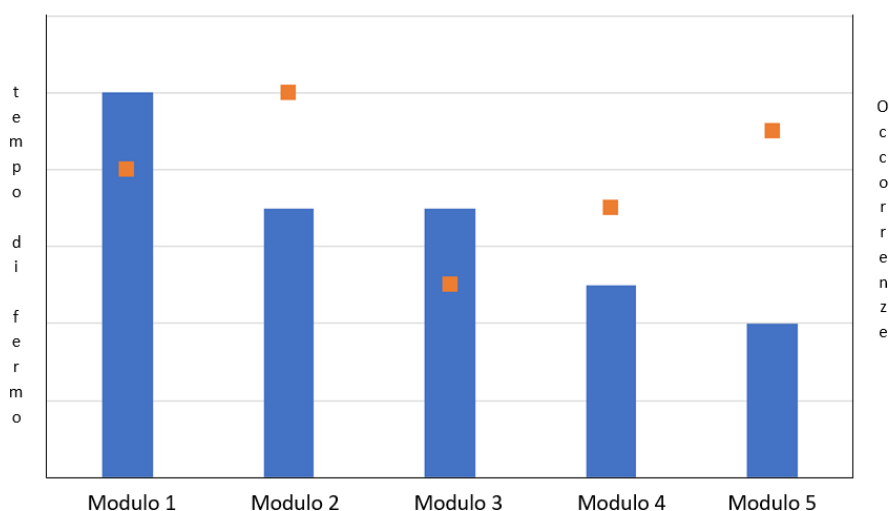


Figura 4: Analisi di Pareto Moduli critici nel Jidoka

Nella categoria di perdita CIL, l'osservazione delle attività di manutenzione autonoma degli operatori ha portato all'individuazione di notevoli problematiche, che hanno sia un impatto diretto sulle performance di produzione (fermo macchina), sia sul mantenimento delle condizioni nominali degli impianti (salvaguardia dell'impianto).

Infine, la perdita delle Performance Loss (Fig 2) è dovuta sostanzialmente a tempi ciclo medi elevati (non a target), e ad un alto numero di avarie sistematiche che provocano delle microfermate della linea.

In base a questa analisi ed alle problematiche rilevate, sono stati avviati dei progetti di miglioramento appartenenti alla metodologia TPM che saranno spiegati nel capitolo successivo.

4 Consolidamento dei pilastri della Total Productive Maintenance

4.1 Consolidamento Pilastro Manutenzione Autonoma: Modifica del piano di CIL

La manutenzione autonoma è il pilastro che si focalizza sull'operatore, responsabilizzandolo attraverso delle attività di manutenzione ordinaria, con cui vengono mantenute le condizioni nominali dell'impianto. Queste attività sono eseguite principalmente con la macchina ferma, impattando sul tempo di produzione.

Attraverso un'iniziale osservazione delle attività eseguite dagli operatori, e della documentazione di supporto, sono state trovate diverse problematiche, tra cui le più importanti:

- dato l'elevato numero di attività nei turni di produzione, non è possibile garantire l'esecuzione completa di tutte le attività previste dal piano, a causa della mancanza di bilanciamento del carico di lavoro nei turni della settimana;
- le attività vengono eseguite con disorganizzazione dagli operatori, in genere autoassegnandosele con criteri di scelta soggettivi;
- la pianificazione delle attività (indicate sui formati CIL) non sfrutta particolarmente il turno della manutenzione preventiva (turno in cui tutta la linea è ferma per attività di manutenzione programmate).

In seguito, attraverso il personale coinvolgimento nelle attività di CIL, è stata fatta una stima dei tempi di ogni attività, e di conseguenza è stato stimato il carico medio (in minuti) di CIL per operatore nei turni della settimana (Figura 5, X turno di mattina, Y turno di pomeriggio, Z turno di notte).

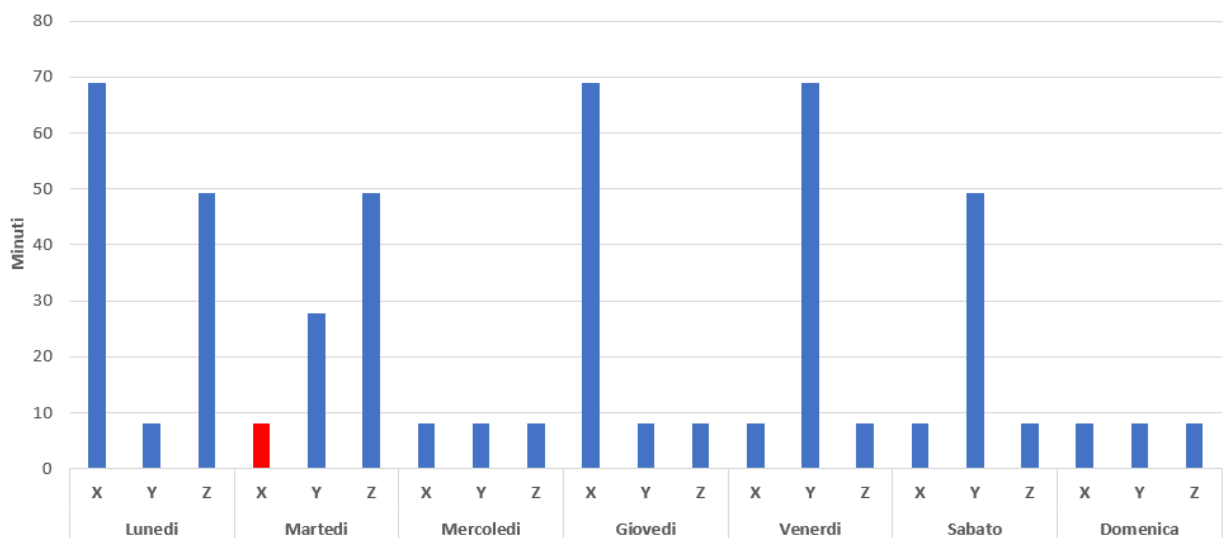


Figura 5: Carico Medio settimanale di CIL per operatore (Stato AS-IS)

La barra rossa indica il turno della manutenzione preventiva. Dal grafico si può notare la mancanza di bilanciamento delle attività durante la settimana.

In base a queste problematiche, è stato avviato il progetto di modifica e ripianificazione delle attività di CIL, in modo da stabilire quali attività svolgere e quando svolgerle, bilanciandole sui turni della settimana.

4.1.1 Determinazione attività CIL e rilevamento della contaminazione

Il progetto è iniziato determinando le attività di pulizia ed ispezione da eseguire su ogni modulo di linea. Per le attività di pulizia, è stato osservato il processo di assemblaggio e le fonti di contaminazione sulle attrezzature; per le attività di ispezione sono stati osservati quei gruppi di cablaggi che, essendo solidali a macchine o attrezzature in movimento, possono allentarsi o danneggiarsi.

Per le attività di pulizia, la fase successiva è stata la rilevazione della contaminazione, su ogni attrezzatura che deve essere pulita, per usarla come base per la scelta della frequenza di esecuzione delle attività. La contaminazione sulle attrezzature è il deposito superficiale di polvere, particelle o altro materiale, dovuto a processi di produzione all'interno dei moduli.

Il metodo utilizzato è stato di pulire le attrezzature con l'utilizzo di un panno, ripristinando la loro condizione ideale, e successivamente eseguendo una nuova pulizia, dopo aver raggiunto il numero medio di pezzi processati equivalenti ad un giorno di produzione. In questo modo, la contaminazione sul panno rilevata è stata in funzione di un giorno standard di produzione, ma è stato possibile fare previsioni sull'evoluzione della contaminazione per i giorni seguenti. Questo, sotto l'ipotesi che la contaminazione su una attrezzatura aumenti in funzione del numero di pezzi processati (esempio di rilevamento della contaminazione su una attrezzatura nel processo di saldatura Figura 6).



Figura 6: Esempio rilevamento della contaminazione

4.1.2 Assegnazione della Frequenza di esecuzione delle attività di CIL

Nella fase successiva è stata assegnata la frequenza di esecuzione delle attività di pulizia ed ispezione (per esempio, esecuzione tutti i turni, una volta al giorno ecc). In particolare, per le attività di pulizia, la decisione si è basata sul livello di contaminazione rilevato, sulla previsione dell'evoluzione della contaminazione nei giorni seguenti, e su criteri qualitativi

come l'impatto della contaminazione sul danneggiamento dell'attrezzatura o sulla qualità del prodotto finito.

4.1.3 Definizione Stato TO-BE delle attività di CIL

Prima di pianificare tutte le attività, sono state eseguite nuovamente tutte le attività di CIL da assegnare nel piano TO-BE in modo da individuare eventuali criticità, da segnalare agli operatori durante la formazione, e per stimare il tempo necessario per eseguire quelle attività non presenti nel piano AS-IS ed aggiunte successivamente.

Sono state quindi assegnate le attività nei turni della settimana, in modo da bilanciare il carico di lavoro nelle diverse turnazioni. Infatti, la pianificazione delle attività è stata fatta sia se la linea funziona a 3 squadre (tutti i turni fino al venerdì), sia a 5 squadre (tutti i turni dal lunedì alla domenica) che a 4 squadre (tre turni in meno rispetto a quella a 5 squadre). In figura 7 il carico medio (in minuti) di CIL per operatore in caso di produzione a 5 squadre, da confrontare con la figura 5 data la stessa turnazione.

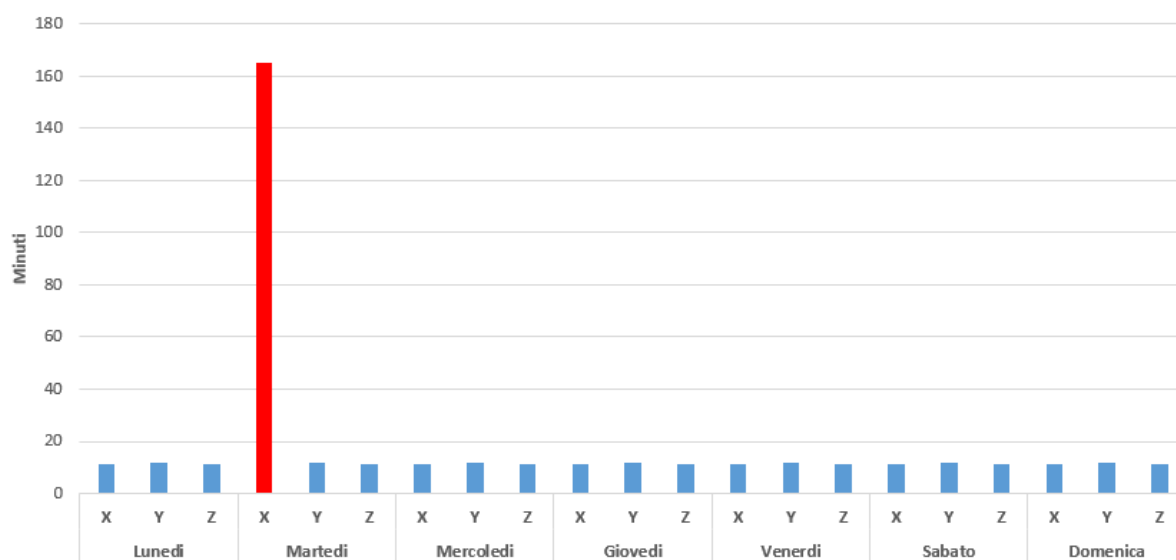


Figura 7: Carico Medio per operatore CIL (Stato To-Be)

Rispetto al piano precedente, il turno della manutenzione preventiva è stato sfruttato per la maggior parte delle attività che hanno la frequenza di pulizia una volta a settimana, per impattare meno sul fermo macchina.

4.1.4 Assegnazione Moduli agli operatori

Per risolvere il problema della disorganizzazione osservata durante le attività di CIL, e per assicurare la sostenibilità del piano, sono stati assegnati i moduli agli operatori sia nei normali

turni di produzione che durante la manutenzione preventiva, in base alla vicinanza dei moduli sulla linea, ed in base al carico di attività su ogni modulo.

L'output dell'assegnazione è stata la creazione di 4 formati di Visual Management; il Visual Management è uno strumento utilizzato in produzione per veicolare le informazioni agli operatori in maniera semplice ed efficace, avendo un alto impatto visivo.

I formati sono stati creati sia per il caso standard in cui sono presenti 4 operatori sulla linea, (in figura 8 un esempio), durante i turni di produzione e durante la preventiva, sia nel caso fuori standard in cui sono presenti 3 operatori.

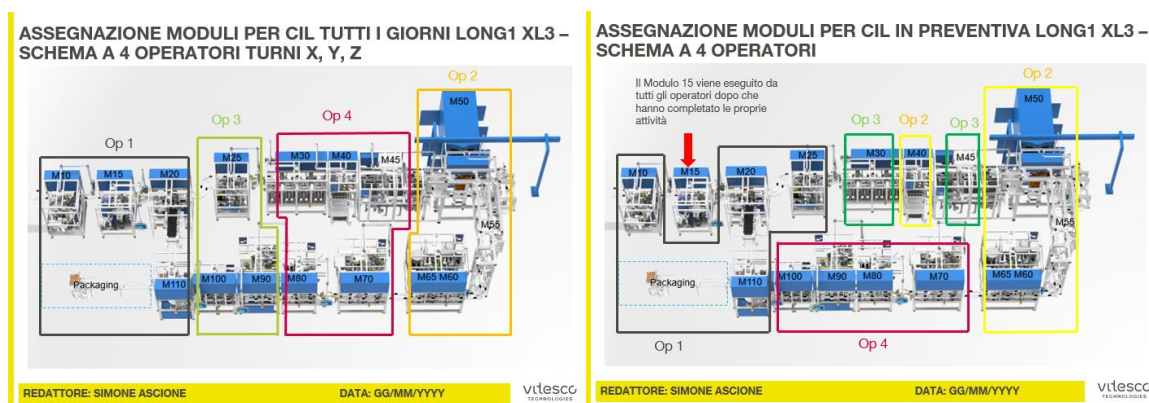


Figura 8: Visual Management 4 operatori durante i turni di produzione e durante la preventiva

4.2 Consolidamento pilastro Formazione ed Addestramento: strumenti per la formazione e metodologia KATA

Il pilastro Formazione ed Addestramento è un pilastro fondamentale quando si effettuano delle attività di miglioramento che generano cambiamenti, per garantire la loro sostenibilità e la standardizzazione. Nei paragrafi successivi gli strumenti utilizzati in questo pilastro.

4.2.1 Strumenti per la formazione utilizzati nel progetto CIL

Dopo aver modificato le attività di CIL, è stato necessario creare i seguenti documenti:

-Formati standard CIL: formati che contengono informazioni su quali attività fare, in che turno e con quali attrezzature. I formati sono stati creati per ogni modulo della linea e per le 3 diverse turnazioni.

-Standard Work: documento che descrive fase per fase il metodo per lo svolgimento di una determinata attività; creato per ogni modulo della linea sia per le CIL da eseguire durante i turni di produzione che durante la manutenzione preventiva.

In seguito, per procedere alla formazione degli operatori, invece di seguire il classico metodo della formazione sul campo, sono stati fatti dei Videotutorial.

I Videotutorial sono stati creati con l'aiuto di una presentazione Powerpoint, con all'interno le immagini degli standard work; procedendo alla spiegazione delle attività registrando, attraverso un software, la voce del tutor. Il formato su cui sono stati salvati è il formato MP4 in modo da poter essere caricato sul database aziendale e risultare fruibili per la formazione. Alla fine della formazione viene somministrato un questionario di 20 domande, con risposta vero o falso, per verificare l'effettiva partecipazione, e l'efficacia della formazione.

4.2.2 Applicazione della Metodologia KATA

Nel consolidamento del pilastro è stata applicata la Metodologia KATA. Il Kata è una metodologia utilizzata in Vitesco Technologies, per effettuare miglioramenti e risolvere problemi attraverso un approccio step by step, pianificando ed eseguendo esperimenti e monitorando i risultati, prima di passare all'esperimento successivo. Esso si basa sulla relazione tra l'Improver ed il Coach, che attraverso delle domande standardizzate, permette all'Improver di formulare delle ipotesi e verificarle attraverso azioni. Queste azioni generano risultati ed insegnamenti all'Improver e ai soggetti coinvolti durante il miglioramento. Il Kata è stato applicato effettuando delle azioni di miglioramento sul tempo ciclo di un modulo di linea, con l'obiettivo principale di migliorare le conoscenze tecniche in campo software (PLC) di un manutentore elettrico coinvolto nella metodologia, che era stato individuato dall'azienda per passare dalla condizione di manutentore generico sui turni di produzione, a manutentore specialistico sul turno centrale.

La metodologia è iniziata individuando la stazione collo di bottiglia del modulo lento, rappresentata dalla stazione Pick & Place; in seguito è stato necessario visualizzare le sue fasi attraverso la creazione di un Ciclogramma, per poter individuare quali erano quelle lente da poter velocizzare. Dopodichè, sono state eseguite delle azioni di miglioramento (principalmente modifiche di parametri al PLC) con l'aiuto del manutentore e l'affiancamento di un altro manutentore softwarista, che gli hanno garantito insegnamenti sull'utilizzo del PLC portandolo da una condizione di principiante ad una condizione di autonomia sugli interventi più semplici.

4.3 Consolidamento dei Pilastri Miglioramento Focalizzato e Manutenzione Preventiva: Riduzione Fermi Jidoka sul Modulo Leak Test

Il pilastro Miglioramento Focalizzato si pone l'obiettivo di diminuire le perdite di produzione attraverso delle attività di Problem Solving. Il pilastro Manutenzione Preventiva si pone

invece l'obiettivo di definire, programmare ed eseguire interventi preventivi per evitare fermi macchina.

4.3.1 Riduzione Perdita Jidoka

Nell'analisi dello stato attuale (Fig 4), è emerso un modulo particolarmente critico nella categoria Jidoka: il modulo responsabile delle prove di tenuta (Leak) sugli iniettori.

Eseguendo un'analisi più dettagliata (Fig 9) in termini di minuti di fermo e numero di occorrenze delle cause di Jidoka Event, la problematica principale è costituita dal superamento della soglia di scarto ammissibile, a causa di scarti di leak non reali, ovvero scarti non dovuti a iniettori non conformi.

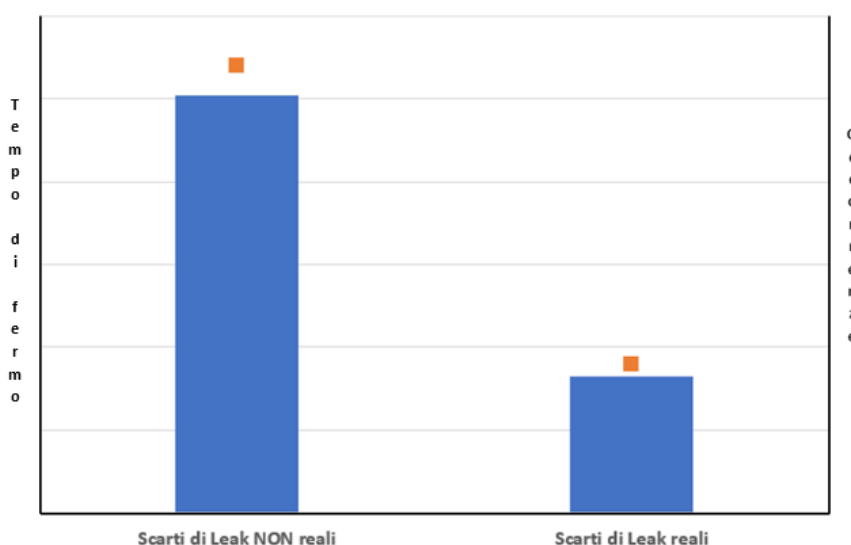


Figura 9: Voci di Scarto del Modulo

Attraverso l'analisi degli interventi eseguiti dopo il fermo macchina per eccessivi scarti, è emerso che l'intervento eseguito è la sostituzione delle guarnizioni all'interno di un'attrezzatura, a causa della loro usura. Infatti, la prova di tenuta, produce uno scarto perché lo strumento registra una perdita di pressione dovuta all'usura delle guarnizioni, responsabili di garantire la separazione delle diverse parti del circuito pneumatico.

Per ridurre il fermo macchina, dovuto anche alla disabilitazione delle stazioni per attesa manutenzione, è stata individuata la durata delle guarnizioni in modo da poterle sostituire in maniera preventiva. Per questo è stato misurato, il numero medio di iniettori processati tra un intervento e quello successivo. Questo numero è stato confrontato con il numero medio di pezzi processati nel periodo tra una manutenzione preventiva e la successiva. Dal confronto è emerso che le guarnizioni durano in media più del tempo tra una manutenzione preventiva e la successiva, e quindi è stato possibile spostarla come attività da eseguire durante la manutenzione preventiva coprendo il loro ciclo di vita.

Successivamente è stato aggiornato il piano di preventiva inserendola come attività da eseguire con frequenza sette giorni. A seguito del cambiamento, nel mese successivo, il modulo ha diminuito il suo tempo di fermo per Jidoka del 63%, confermandosi nel mese successivo con un'ulteriore diminuzione del 2% (Figura 10).

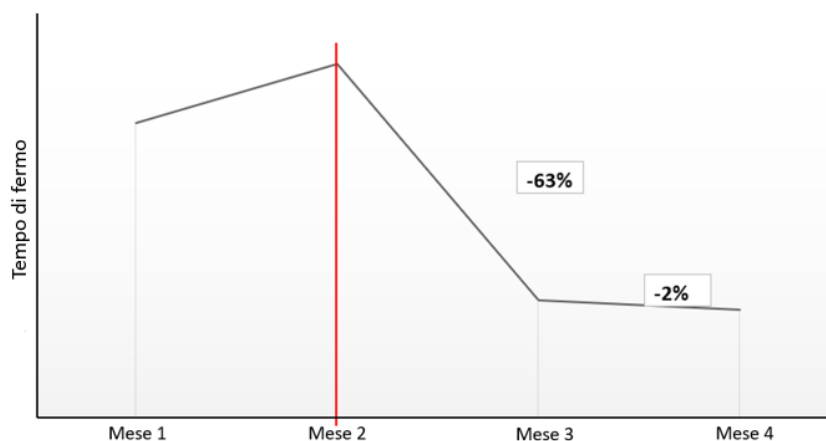


Figura 10: Tempo di fermo sul Jidoka del Modulo

CONCLUSIONI e PROGETTI FUTURI

In base agli obiettivi prestabiliti ad inizio progetto, sono stati consolidati i pilastri della TPM apportando miglioramenti diretti ed indiretti alla linea di assemblaggio XL3 Long 1.

Nel pilastro Manutenzione Autonoma è stata eseguita una ripianificazione delle attività di CIL, determinando le attività da eseguire, quando eseguirle e assegnando i moduli agli operatori con l'utilizzo dello strumento Visual Management.

Nel pilastro Miglioramento Focalizzato e Manutenzione Preventiva è stata diminuita l'incidenza sulla perdita Jidoka del 63% del Modulo di Leak Test, inserendo l'attività di sostituzione delle tenute nel piano di Manutenzione Preventiva della linea Long.

Nel pilastro Formazione ed Addestramento sono stati creati i documenti Formati CIL e Standard Work, ed eseguiti Videotutorial per formare gli operatori; inoltre è stata implementata la metodologia KATA aumentando le conoscenze del manutentore elettrico.

I progetti futuri:

- Proseguimento della metodologia KATA con l'ottica di portare il tempo ciclo del modulo al tempo ciclo target. In seguito, migliorare gli altri moduli lenti.
- Misurare i miglioramenti apportati alla nuova pianificazione delle attività di CIL e valutarne l'estensione sulla Linea gemella Long 2.