

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

Tesi di Laurea Magistrale

Applicazioni TPM su una linea di stampaggio a caldo: il
caso Berco Spa



Relatore
Prof. Maurizio Schenone

Candidato
Federico Zavarini

Anno Accademico 2019/2020

Alla mia famiglia

“Dove c’è una grande volontà non possono esserci grandi difficoltà.”

Niccolò Machiavelli

Sommario

1	Introduzione	6
2	Lean Flow	8
2.1	Lean Thinking.....	8
2.1.1	<i>Le origini della Lean Production.....</i>	<i>8</i>
2.1.2	<i>I principi del Lean thinking.....</i>	<i>11</i>
2.2	TPS (Toyota Production System)	14
2.2.1	<i>Il Just In Time</i>	<i>15</i>
2.2.2	<i>Jidoka</i>	<i>17</i>
2.2.3	<i>Standardizzare</i>	<i>17</i>
2.2.4	<i>Kaizen.....</i>	<i>17</i>
2.3	Gli strumenti del TPS	19
2.3.1	<i>Value Stream Mapping</i>	<i>19</i>
2.3.2	<i>SMED.....</i>	<i>20</i>
2.3.3	<i>Poka Yoke.....</i>	<i>20</i>
3	Una tecnica Lean: il TPM	22
3.1	Le origini del TPM	23
3.2	I KPI di riferimento: l'OEE	25
3.3	Le fondamenta del tempo TPM: le "5S"	27
3.4	Alcuni dei pilastri del TPM	28
3.4.1	<i>Autonomous Maintenance (AM)</i>	<i>28</i>
3.4.2	<i>Miglioramento focalizzato.....</i>	<i>30</i>
3.4.3	<i>Planned maintenance (manutenzione programmata).....</i>	<i>35</i>
4	Il caso Berco S.p.A.....	38
4.1	L'azienda.....	38
4.1.1	<i>La storia dell'azienda</i>	<i>39</i>
4.1.2	<i>Lo stabilimento di Copparo (FE).....</i>	<i>40</i>
4.1.3	<i>I prodotti</i>	<i>41</i>
4.2	Il processo di stampaggio a caldo	45
4.3	L'area HF2.....	46
4.4	Linea MidiPress.....	48

4.4.1	<i>Presentazione della linea Midi</i>	48
4.4.2	<i>Gli asset della linea</i>	50
4.4.3	<i>L'importanza della linea Midi</i>	59
5	Analisi dati	62
5.1	Kienzele	62
5.2	Infor EAM.....	71
5.2.1	<i>Fase 1 - Analisi di criticità della linea</i>	72
5.2.2	<i>Fase 2 - Scomposizione in livelli</i>	74
5.2.3	<i>Fase 3 – Analisi dei guasti</i>	75
6	Il piano '5S'	78
6.1	Le criticità As-Is.....	78
6.2	Implementazione '5S'	83
7	Manutenzione autonoma	91
7.1	Implementazione della Manutenzione Autonoma	92
7.2	Risultati ottenibili	98
8	Miglioramento focalizzato	100
8.1	Rulliera di scarico Trascar	103
8.1.1	<i>Quick Wins</i>	103
8.1.2	<i>Miglioramenti futuri</i>	108
8.2	Robot Fanuc R3	112
8.2.1	<i>Stato As-Is</i>	112
8.2.2	<i>Stato To-Be</i>	113
9	Conclusioni	116
	Bibliografia & Sitografia	120
	Ringraziamenti	121

1 Introduzione

L'attività di tirocinio svolta presso l'azienda Berco Spa ha riguardato l'implementazione delle tecniche tipiche del Total Productive Maintenance (TPM), con riferimento alla filosofia Lean. Gli obiettivi prefissati sono i seguenti:

- Analisi dei dati relativi ai tempi e modi di sosta, cioè evidenziare lo stato AS-IS.
- Miglioramento degli standard qualitativi di pulizia e ordine di linea.
- Miglioramento e attività di formazione
- Aumento dell'OEE

L'elaborato è costituito dal completamento dei task assegnati, a cui sono state riferite le relative parti di teoria, utili alla comprensione della metodologia utilizzata.

I primi due capitoli vertono sui metodi, gli strumenti utilizzati ed i concetti teorici utilizzati durante l'esperienza di tirocinio. Partendo dalla filosofia della Lean Production & Toyota Production System, sono stati approfonditi alcuni temi e strumenti tipici come lo SMED, il Kaizen, Poka Yoke, etc. Nel terzo capitolo invece verrà descritto dettagliatamente in cosa consiste il TPM e i 'pilastri' che compongono il cosiddetto 'Tempio TPM'.

Il quarto capitolo è incentrato sulla descrizione dell'azienda, partendo dalla storia per passare poi al mix di prodotti e infine alla descrizione della linea produttiva di studio: la linea MidiPress. In particolare, verranno spiegate le funzioni delle macchine presenti in linea e l'impatto che questa linea ha sulle finanze del reparto.

Nel quinto capitolo sono stati analizzati gli storici dei guasti nell'anno fiscale 2018/2019: verranno descritti le due principali fonti di dati, spiegando le analisi ad esse relative e le problematiche riscontrate. La principale criticità è stata quella relativa alla qualità dei dati disponibili, in quanto la cronologia (Kienzle) dei guasti 'compilata' dagli operatori di linea non era ben definita e molto spesso non era evidente il componente specifico sottoposto a manutenzione. Oltretutto, il personale di manutenzione non aveva un registro dati attraverso il quale reperire quali componenti effettivamente si fossero danneggiati. Per tali motivi si è deciso di intraprendere un percorso in ottica TPM, per ricavare 'dal campo' tutte le possibili fonti di downtime della linea, cercando di capirne i motivi.

Nel sesto capitolo, vengono descritte le principali azioni per l'implementazione della tecnica '5S', messa in atto sulla linea. Si è posta l'attenzione principalmente sul banco di lavoro e sull'attrezzatura presenti a bordo macchina, cercando di migliorare gli standard di pulizia e di ordine degli operatori di linea.

Nel capitolo 7 verranno definite le principali azioni di miglioramento a riguardo della 'Manutenzione Autonoma', uno dei principali pilastri del TPM. È stata definita la calendarizzazione delle attività di formazione per gli operatori di linea e, parallelamente, si è posta l'attenzione sulle attività di ispezione e rabbocco da effettuare ad ogni singolo set-up dagli operatori stessi. Per velocizzare queste attività, sono stati definiti e segnalati i punti di ispezione sulla mappa della linea ed è stata creata una tabella affinché la direzione potesse verificarne l'effettivo svolgimento.

Nell'ottavo capitolo sono state implementate le tecniche tipiche di un altro pilastro del TPM: il 'Miglioramento Focalizzato'. L'attenzione è stata posta principalmente su uno degli asset a cui era possibile apportare miglioramenti sia di breve che di medio/lungo termine, cioè la rulliera di scarico Trascar. Verranno spiegate le principali problematiche evidenziate, per poi definirne le relative implementazioni. In seguito, verrà spiegato un ulteriore miglioramento 'focalizzato' attuato su un altro asset presente: il robot antropomorfo R3.

In conclusione, con il nono capitolo, si concluderà l'elaborato attraverso la raccolta e la valutazione dei risultati, delineando i benefici ottenibili rispetto all'anno fiscale appena passato, sia in termini tecnici e di efficientamento della linea (OEE) sia in termini puramente economici (€).

2 Lean Flow

In questo capitolo vengono trattati alcuni fondamenti teorici della filosofia Lean al fine di comprendere nel dettaglio il processo di applicazione del TPM (Total Productive Maintenance) e dei singoli progetti ad esso connessi.

Il capitolo dapprima riprende alcuni concetti generali della filosofia Lean Thinking, spiegandone le origini e i principi ad esso connesso.

Successivamente verrà spiegata un famoso sistema di produzione che si basa sulla filosofia Lean, quale è il Toyota Production System (TPS) e verranno delineati ed argomentati alcuni dei principali 'strumenti' usati nel TPS stesso, come SMED, poka yoke, etc.

Il TPM, cioè lo strumento TPS su cui verrà posta più attenzione, verrà spiegato successivamente nel capitolo 2.

2.1 Lean Thinking

2.1.1 Le origini della Lean Production

Il Lean Manufacturing System è un sistema integrato di attività progettato per realizzare ampi mix produttivi usando scorte minime di materie prime, WIP e prodotti finiti.

È una filosofia che abbraccia tutti i settori industriali (produzione, logistica, manutenzione, gestione qualità, gestione del personale, progettazione del prodotto). Lo scopo fondamentale di questa teoria è conseguire il miglioramento continuo in termini di qualità e produttività; questo porta inevitabilmente a produrre solo gli articoli effettivamente voluti dal cliente, nelle quantità e nei momenti effettivamente necessari, seguendo quindi la cosiddetta logica Pull.

In questo modo si eliminano i motivi di mantenimento di scorte che sono considerate negative perché:

- rappresentano un immobilizzo di capitale;
- nascondono i reali motivi di inefficienza del sistema produttivo.

Tali inefficienze del sistema produttivo, che hanno come conseguenza un aumento delle scorte di magazzino, sono spesso causate da:

- lead time non previsti dal fornitore;
- tempi di set up dei centri di lavoro troppo lunghi;
- sistema di qualità dei prodotti ed affidabilità dei macchinari;
- assenza di bilanciamento dei carichi di lavoro tra le linee;
- saturazione delle macchine collo di bottiglia;
- variabilità dei lead time di produzione.

In trenta anni la Toyota aveva fabbricato 2.685 automobili, contro le 7000 al giorno della Ford. Eiji Toyoda e Taiichi Ohno conclusero che in Giappone la produzione di massa non avrebbe mai funzionato per diversi motivi:

- 1 il mercato interno era molto limitato ma la gamma di veicoli era molto elevata;
- 2 i lavoratori non volevano essere considerati come un costo variabile o pezzi intercambiabili;
- 3 l'economia giapponese, devastata dalla guerra, soffriva per la mancanza di capitali e non poteva acquistare tecnologie occidentali;
- 4 l'estero traboccava di colossi automobilistici ansiosi di entrare in Giappone per difendere i propri mercati.

Andando contro le indicazioni del ministero giapponese la Toyota, la Nissan e le altre fabbriche decisero di produrre gamme complete di automobili con una varietà di modelli diversi.

Ohno voleva produrre automobili di massa, utilizzando un limitato numero di presse per produrre l'intero veicolo; proprio per questo sperimentò la tecnica dei cambi rapidi (da 1 giorno a 3 minuti) e realizzò che il costo unitario dello stampaggio di piccoli lotti era inferiore a quello relativo a grandi partite. Grazie a questa sperimentazione giunse a due importanti conclusioni:

- produrre quantitativi ridotti eliminava le spese d'immobilizzo degli immensi stock di pezzi finiti;
- la fabbricazione di pochi pezzi rivelava istantaneamente gli errori di stampaggio prima che fosse assemblata l'auto.

Grazie all'applicazione di tutti questi accorgimenti, la Toyota negli anni scalò progressivamente le classifiche, entrando di diritto tra i maggiori venditori di auto al mondo. Date le condizioni in cui si trovava il Giappone, per essere competitivo aveva necessità anche di abbattere i costi di produzione.

Si è passati da "Costo + Profitto = Prezzo" a "Profitto = Prezzo (deciso dal mercato) – Costo". Solitamente per un'azienda non è possibile fare il prezzo desiderato in quanto questo è fissato dal mercato. Quindi a parità di prezzo l'unica leva su cui è possibile operare per avere un determinato profitto sono i costi. Il cliente è disposto a pagare quando riconosce valore aggiunto nel prodotto/servizio. Per questo motivo la Lean Manufacturing ha l'obiettivo di debellare al massimo gli sprechi, scomponendo la voce di costo tra le singole attività.

Le attività a valore aggiunto ricoprono solitamente il 5% del tempo in cui un prodotto rimane all'interno del sistema produttivo: il restante 95% fa riferimento alle movimentazioni materiale e ai tempi di attesa in coda del prodotto.

Posero pertanto l'attenzione sui lunghi tempi e alti costi di set up dei macchinari usati dalle grandi aziende americane, che imponevano grandi lotti di produzione per assorbire il costo di fermo macchina.

Questi semilavorati a loro volta diventavano scorte cioè capitale immobilizzato e rimanevano inutilizzate per lunghi periodi di tempo. Inoltre, alcune di queste erano difettose e la loro lavorazione o scarto era fonte ulteriore di sprechi.

Decisero pertanto di utilizzare macchinari più piccoli, dotati di sistemi di allarme che permettevano di bloccare istantaneamente la produzione in presenza di difetti, con lotti di più piccole dimensioni. Svilupparono inoltre tecniche di attrezzaggio rapido per ridurre i tempi di setup, permettendo all'operatore di seguire più macchine.

Per riuscire a ridurre quindi i costi i giapponesi della Toyota hanno operato seguendo le seguenti direttive:

- ridurre il tempo di set up grazie alla tecnica SMED (riducendolo da 1 giorno a 3 minuti)
- produrre quantitativi ridotti in modo da eliminare le spese di immobilizzo degli immensi stock di pezzi finiti (utilizzando tecniche pull invece che push)
- la fabbricazione di pochi pezzi ha permesso di poter individuare gli errori prima che l'auto fosse definitivamente assemblata (l'utilizzo appunto di una produzione One

piece flow ossia di lotti talmente piccoli da essere in maniera ideale unitari e composti da diverse tipologie di prodotti. Un tipo di produzione che si oppone alla classica produzione a lotti)

Tutto questo permise alla Toyota di avere minor capitale immobilizzato, minor costi di fermo macchina e la possibilità di impiegare manodopera meno specializzata che però fosse allo stesso tempo flessibile cioè che ogni operatore potesse sostituirla o aiutarla un altro.

A questi veniva data la responsabilità di fermare tutta la linea di produzione qualora ve ne fosse la necessità, così facendo il personale era molto più coinvolto e motivato a suggerire miglioramenti per il processo produttivo.

2.1.2 I principi del Lean thinking

I principi generali di questa filosofia sono:

- Orientamento dei processi al cliente: il cliente di un qualunque processo è la vera essenza del processo medesimo. La soddisfazione del cliente rappresenta quindi il principale obiettivo che l'azienda deve conseguire attraverso il processo stesso.
- Esaltazione del miglioramento continuo: non esiste limite al miglioramento. È necessario sviluppare una propensione al miglioramento e non pensare che i risultati raggiunti siano un limite invalicabile.
- Coinvolgimento delle persone: per operare è indispensabile il coinvolgimento delle persone a tutti i livelli. Ne consegue che sia necessario pensare ad un tipo di organizzazione che si basi sul convincimento e sulla condivisione degli obiettivi.
- Gestione per processi: l'organizzazione aziendale deve essere impostata per processi, cioè per catene di attività che arrivino ad un risultato compiuto.

L'approccio Lean quindi cerca di semplificare e standardizzare al fine di assicurare la soluzione più efficace rispetto alle funzioni che una macchina o un impianto devono fornire.

I cardini su cui realizzare il processo di trasformazione dal modello in uso al modello Lean sono 5: Value, Value Stream, Flow, Pull, Perfection, come mostrato in *Figura 1*¹.

¹ "I 5 principi del Lean Thinking"; <https://www.aretena.it/post/i-5-principi-del-lean-thinking>

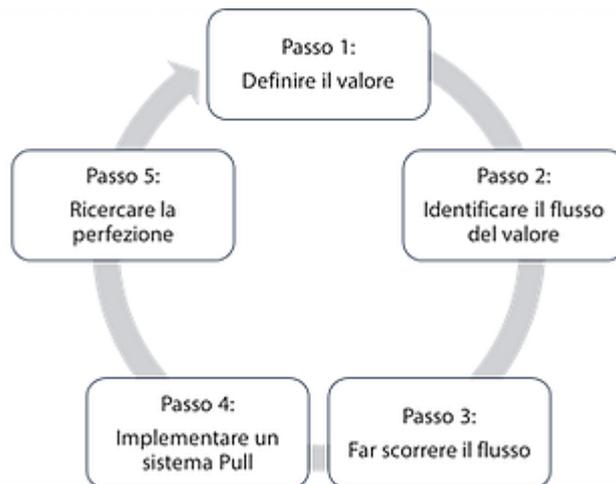


Figura 1; i 5 step della filosofia Lean

1) Definire il valore

Per definire il valore di un prodotto, occorre porsi nelle vesti di un cliente, cercando di comprendere quanto sia disposto a pagare per le attività del processo produttivo che creano il valore; tutto il resto è spreco e deve essere eliminato.

Nella fase successiva occorre identificare il target cost, che a differenza di quello tradizionale ove si ipotizza il solo prezzo che il cliente è disposto a pagare, esso viene calcolato includendo anche costi causati da sprechi che quindi possono essere evitati. Per raggiungere questo obiettivo occorre pertanto identificare un continuo processo di miglioramento volto ad eliminare anche sprechi che prima non venivano ritenuti tali.

2) Identificare il flusso del valore

Il flusso di tutte quelle attività che creano valore e che permettono di realizzare il prodotto viene definita "Value Stream", considerata un'attività fondamentale in quanto permette di identificare le attività che generano valore e quelle che generano sprechi all'interno di un processo. Tale analisi può essere fatta per tutti i processi sia interni che esterni.

Va precisato però che non vi è sempre perfetta coincidenza fra un'attività che ha valore per l'impresa e quelle ritenute tali dal cliente.

La Value Stream Map è uno strumento concreto ed efficace, in quanto permette di rappresentare il flusso attuale della produzione di un prodotto distinguendo fra tre tipi di attività:

- attività che generano valore;
- attività necessarie che non creano valore: sono attività che non hanno valore per il cliente ma che non possono essere evitate. Sono dovute a limiti tecnologici e dette anche spreco di tipo 1. Esse potranno essere ridotte o eliminate solo usufruendo di innovazioni radicali che derivino da piani di ricerca e sviluppo di medio/lungo periodo;
- attività che non creano valore: sono attività che non hanno valore né per il cliente, né per l'azienda. In questo caso vi è un cosiddetto spreco di tipo 2. Queste attività saranno eliminate attraverso un processo di efficientamento.

L'identificazione delle diverse attività ha degli indiscutibili vantaggi:

- è il punto di partenza per l'utilizzo delle altre tecniche Lean;
- i processi non vengono più percepiti singolarmente e quindi si ottiene una visione globale di dove avverrà il miglioramento;
- gli sprechi su cui intervenire possono essere ordinati collegandoli alle cause che li hanno generati;
- viene analizzato anche il flusso di informazioni.

3) Analisi del flusso

Un flusso non sincronizzato, ossia interrotto da uno o più buffer, genera normalmente maggiori scorte che permettono di continuare a produrre qualora vi fosse un problema nelle lavorazioni a monte, vantaggio che per contro impedisce di accorgersi del problema e d'implementare un serio processo di miglioramento della fase critica.

Secondo la filosofia snella quindi il flusso tra le attività deve essere continuo e senza interruzioni eliminando le barriere organizzative che sono la causa principale dei ritardi.

Per garantire ciò è necessario che vi sia una certa elasticità nelle mansioni degli operatori, identificando specifici team di lavoro nei quali ognuno è in grado di aiutare e sostituire l'altro.

4) Implementare un sistema Pull

Come scrivono Whomak e P.J. Jones in “Lean Thinking” (1997), l’approccio push che aveva influenzato le aziende automobilistiche americane, come la Ford, aveva la caratteristica di avere del prodotto finito disponibile cosicché l’eventuale domanda può essere immediatamente soddisfatta. Questa modalità produttiva era l’ideale infatti per l’America della crescita economica dopo la seconda guerra mondiale in cui la domanda era in continuo aumento e non era particolarmente sofisticata.

Tuttavia con il passare del tempo si saturarono i mercati e la domanda divenne sempre più selettiva, generando il rischio di produrre prodotti non richiesti dal mercato.

I manager della Toyota avevano capito già da molto tempo che bisognava produrre con un approccio diametralmente opposto a quello americano push, chiamato infatti pull. Questo significa che è il cliente a tirare letteralmente la produzione. Così facendo veniva prodotto solo quello che il cliente chiedeva senza il bisogno di previsioni.

5) Ricercare la Perfezione

La perfezione è l’obbiettivo che si vuole raggiungere attraverso l’applicazione dei principi precedenti, con eliminazione degli sprechi e sincronizzazione perfetta del flusso sia di materiale che di informazioni.

Per raggiungerla è necessario mettere sempre in discussione il modus operandi in modo da eliminare sempre maggiori inefficienze. Questo può avvenire attraverso sia attraverso innovazioni radicali oppure attraverso un flusso continuo di innovazioni incrementali.

2.2 TPS (Toyota Production System)

Toyota Production System (TPS) può essere schematicamente rappresentato come in *Figura 2²*. Si tende normalmente a raffigurarlo con una casa composta da tetto pilastri e fondamenta:

² “Understanding the Toyota Production System”;
<https://www.creativesafetysupply.com/articles/understanding-the-toyota-production-system/>

sul tetto vi sono gli obiettivi che si vuole pervenire cioè incrementare la qualità, ridurre i costi e accorciare il lead time.

Per raggiungerli vi sono due pilastri su cui appoggiarsi: il Just in Time (JIT), ossia avere ciò che serve, quando serve, dove serve, nella misura in cui serve e Jidoka cioè l'automazione intelligente dotata di sensori e allarmi in grado di fermare la produzione qualora ci fossero errori.

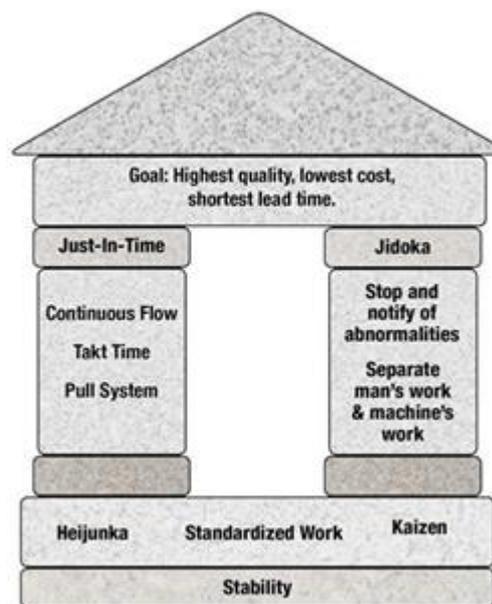


Figura 2; la struttura TPS

I pilastri a loro volta si ergono dalle fondamenta: Heijunka, cioè livellamento della produzione, standardizzazione del lavoro e Kaizen cioè miglioramento continuo.

Questi a loro volta possono contare su alcuni strumenti per essere realizzati: la Value Stream Map; le "5 S"; il TPM; lo SMED e il kanban.

2.2.1 Il Just In Time

Il "Just in Time" (JIT) è uno dei capisaldi della Lean Production, termine utilizzato per dire che un determinato codice deve arrivare all'istante giusto, nel luogo giusto, nella giusta quantità. È una filosofia che ha sostituito il "vecchio metodo" basato su logica push, in cui venivano prodotti i finiti per il magazzino in attesa di essere venduti, passando alla logica pull, secondo cui sono i clienti a creare la domanda producendo solo ciò che è stato già venduto o che si

prevede di vendere in tempi brevi, riducendo quindi al minimo possibile il valore a magazzino. Inoltre, grazie all'adozione del metodo **SMED** (single-minute exchange of die) che riduce i tempi set-up macchina e rendendo i lotti di produzione sempre più piccoli, si riducono i tempi di stazionamento dei materiali fermi in attesa di essere lavorati e si velocizza l'intero processo. L'obiettivo perseguito è la riduzione del lead time lungo tutta la catena di produzione e l'abbassamento delle scorte, garantendo sempre la qualità massima e il giusto livello di servizio al cliente. Per garantire la continuità di flusso occorre investire e formare adeguatamente le risorse, ottenere rapidi processi a monte e consegne dei materiali d'acquisto affidabili.

Di conseguenza anche il ritmo di produzione o Takt Time è imposto dal cliente e diventa il tempo a cui si devono riferire tutte le diverse fasi del processo.

Le aziende che fanno uso della metodologia JIT devono fare attenzione al tipo di attività che svolgono. È essenziale in questo caso la flessibilità della manodopera: in caso di imprevisti gli operatori possono aiutarsi tra di loro e devono essere in grado di conoscere perfettamente la macchina o l'impianto. Anche i fornitori sono essenziali; deve esserci con essi un rapporto di partnership ed un sistema informativo che permetta di condividere le informazioni e che possano essere sempre sincronizzati con le richieste dell'azienda. Le scorte infatti generano necessità e costi di vario tipo³:

- necessità finanziarie per il capitale investito; la somma spesa per le scorte potrebbe essere utilizzato per finanziare altre attività;
- oneri finanziari; l'acquisto di materiali, sino al loro utilizzo, rappresenta una forma di investimento anche se temporaneo. Per il periodo in cui questi materiali restano nel magazzino generano oneri finanziari, infatti in tale periodo il finanziamento esterno risulta più elevato.
- costi di stoccaggio, ovvero costi per l'affitto del magazzino, assicurazioni e gli oneri accessori anche amministrativi;
- obsolescenza dei materiali e dei prodotti, con svalutazioni o vendite senza margine.

³ B2B Corporate Business Hub, "Le scorte a magazzino" (2009)

Poiché tali costi crescono con il livello delle scorte, ne deriva la necessità di ridurre il loro livello compatibilmente con le esigenze della produzione ed in conseguenza del tempo di riordino dai fornitori.

La riduzione delle scorte deve comunque tener presente dei rischi in cui si potrebbe incorrere:

- rischio di non poter soddisfare in tempo la domanda dei clienti;
- rischio di produzione ferma per mancanza di materie prime.

2.2.2 Jidoka

Questa pratica unisce l'intelligenza dell'uomo con l'intelligenza della macchina. Vengono utilizzate procedure a prova di errore (*Poka Yoke*). La macchina individua un malfunzionamento e si ferma in automatico per permettere di correggere il problema. L'obiettivo è di eliminare il legame rigido tra uomo e macchina. In questo modo la macchina non necessita più del controllo continuo dell'uomo e si eliminano i Muda di attesa degli operatori.

2.2.3 Standardizzare

Standardizzare significa far eseguire un compito codificato e approvato da tutti gli operatori. L'obiettivo è quello di eliminare la variabilità e l'imprevedibilità nello svolgimento di una determinata attività, permettendo in questo modo a un qualsiasi altro operatore di compierla. Si potrebbe a questo punto pensare che tale ragionamento sia in contrasto con il principio del miglioramento continuo ma non è così.

Lo standard è un punto di partenza dal quale poterne formulare uno nuovo; se quello nuovo porta ad una ottimizzazione delle prestazioni, allora quello vecchio viene sostituito da quello nuovo; altrimenti si continua a mantenere quello vecchio.

2.2.4 Kaizen

La parola Kaizen è l'unione di due parole giapponesi: "kai" che significa cambiamento e "zen" che significa migliore. Secondo Taiichi Onho, l'ottimizzazione delle prestazioni si basa su una

serie di piccoli step costanti nel tempo che, sommati assieme, permettono di ottenere un importante e significativo miglioramento nel suo insieme (*Figura 3*⁴).



Figura 3

Il miglioramento radicale si fonda su investimenti molto elevati e rischiosi, permette un grosso salto tecnologico ma non è facile da recepire all'interno dell'azienda in quanto impone modifiche a livello organizzativo. Il miglioramento incrementale del Kaizen invece ha costi molto più bassi e minor effetto sull'organizzazione. Può essere applicato con orizzonte temporale di lungo periodo ed è chiamato Flow Kaizen operato dal management aziendale per scopi strategici; oppure con orizzonte temporale più breve con l'obiettivo di combattere gli sprechi in reparto.

Trovare la causa "radice" di un errore è l'unica soluzione per eliminare definitivamente il problema: quello che serve realmente è non fermarsi al sintomo ma investigare per arrivare alla causa di fondo. Quando la causa "radice" viene individuata, l'azione correttiva deve assicurare che tale causa venga eliminata in modo definitivo.

Al metodo Kaizen è associato il concetto che il miglioramento si ottiene sul "campo" osservando gli sprechi e i miglioramenti che si possono fare. Lo strumento della "settimana Kaizen" permette, stando sul campo, di ridurre gli sprechi e di far sì che il principio del miglioramento diventi parte della cultura aziendale.

La "settimana Kaizen" è un approccio che porta risultati con tempistiche molto rapide; consiste nella riunione di diverse persone e che lavorano in contesti diversi con lo scopo di

⁴ "Lean Manufacturing ed eventi Kaizen"; <https://www.minifaber.it/blog/lean-manufacturing-e-eventi-kaizen>

individuare gli sprechi, effettuare azioni correttive e misurarne i risultati. Solitamente le persone che vengono coinvolte in questo progetto sono: un responsabile della produzione, un responsabile della manutenzione, un responsabile del controllo/qualità, un operatore di linea e un capo reparto. Questo dimostra come questo metodo coinvolga tutti i livelli dell'azienda.

2.3 Gli strumenti del TPS

Il lean thinking è supportato da molti strumenti e tecniche che consentono alle aziende di applicarne i principi per attuare il cambiamento. È possibile suddividere questi strumenti secondo l'obiettivo Lean da mettere in atto:

- 1 VOC (Voice Of Customer): per ripensare al valore dal punto di vista del cliente.
- 2 VSM (Value Stream Map): per mappare il flusso di valore e individuare gli sprechi.
- 3 SMED: per creare un flusso e ridurre il lead time.
- 4 Kanban: per sincronizzare l'erogazione di prodotti e servizi con le richieste dei clienti (principio Pull).
- 5 TPM: per il mantenimento dell'efficienza degli impianti nel tempo.
- 6 Kaizen: per il miglioramento continuo.

2.3.1 Value Stream Mapping

È una rappresentazione grafica tramite simboli standard dei due flussi (di informazioni e di materiali) generati dall'attuarsi di un processo. Si ottiene una mappa chiara e leggibile di come si svolgono i flussi e dei consumi di risorse generati.

L'obiettivo è l'identificazione del tempo di processo, al fine di eliminare tutte le attività ridondanti emerse dalla mappatura. Sono messi in evidenza i punti di miglioramento del processo e da qui si ipotizzano le contromisure possibili. Prioritario è la stesura diretta della VSM sul campo (concetto di istantanea), cioè nei luoghi di attuazione del processo, come dimostrato in *Figura 4*⁵.

⁵ "Value Stream Mapping"; <https://www.mudamasters.com/de/node/381>

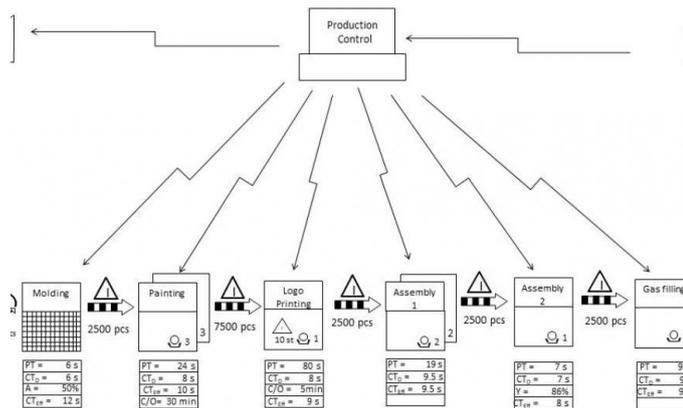


Figura 4; esempio di VSM

2.3.2 SMED

L'obiettivo principale dello SMED (*Single Minute Exchange of Die*) è portare al minimo i tempi di setup di una macchina o un impianto. È un periodo di tempo necessario solitamente per passare da una commessa ad un'altra ma che non dà valore aggiunto al prodotto finito e perciò è necessariamente una componente da minimizzare.

Questo strumento diventa quindi fondamentale nel caso di commesse di piccoli lotti in cui i tempi di attrezzaggio rappresentano il collo di bottiglia della lavorazione.

È necessario quindi mappare tutte le operazioni che vengono eseguite durante il setup valutando le operazioni ridondanti e che possono essere ridotte, minimizzando i tempi di spostamento da una postazione ad un'altra.

2.3.3 Poka Yoke

Tradotte letteralmente queste parole significano "a prova di scimmia" e rappresentano lo strumento diretto alla prevenzione degli errori e alla rapida individuazione dell'errore (Figura 5⁶). Tutti i sistemi produttivi industriali vengono quindi progettati per eliminare errori umani come una lavorazione dimenticata, pezzi mancanti, imprecisa calibrazione dei macchinari o procedure di sicurezza non applicate.

⁶ "A review on use of mistake proofing (Poka Yoke) tool in blow molding"; process [https://www.semanticscholar.org/paper/A-Review-on-use-of-Mistake-Proofing-\(-Poka-Yoke-\)-Parikshit-Nair/db8d842783fa6c22616cb0303ec5fa6aab4726eb](https://www.semanticscholar.org/paper/A-Review-on-use-of-Mistake-Proofing-(-Poka-Yoke-)-Parikshit-Nair/db8d842783fa6c22616cb0303ec5fa6aab4726eb)

Quando ad esempio un pezzo staziona in una fase, finché non sono state eseguite tutte le operazioni necessarie, i macchinari essendo dotati di sensori, luci e sistemi d'allarme, segnalano il mancato completamento di un'attività azzerando la possibilità che il pezzo non conforme prosegua la catena produttiva. Grazie a questi sistemi non vi è più la necessità di controlli nelle fasi a valle.

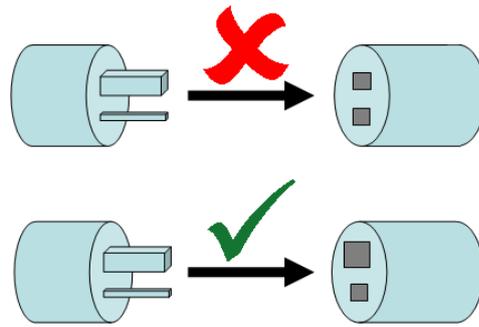


Figura 5 Esempio di Poka Yoke

3 Una tecnica Lean: il TPM

Il TPM – Total Productive Maintenance (Manutenzione Produttiva Totale) è una delle tecniche principali adottate nel TPS e quindi nella filosofia Lean Manufacturing, necessaria ed efficace al fine di ridurre le cosiddette ‘perdite di produzione’, quali:

- Perdite per fermate (guasti, cambi di produzione, attrezzaggi)
- Perdite per qualità (scarti, etc.)
- Perdite per velocità (rallentamenti, microfermate, etc.)

Il TPM è un approccio globale alla manutenzione che tende a massimizzare la capacità produttiva degli impianti produttivi, rispettando un corretto equilibrio fra costi di manutenzione ed efficienza globale degli impianti stessi. Dall’acronimo si ricava infatti:

- Manutenzione: attività finalizzata al mantenimento dell’efficienza degli impianti nel tempo.
- Produttiva: che persegue l’obiettivo di migliorare la produttività degli impianti.
- Totale: che coinvolge tutti i livelli dell’organizzazione aziendale.

La sua implementazione diventa necessaria ed essenziale nelle aziende capital intensive ed in particolare in quelle aziende che producono su più turni produttivi con impianti che devono garantire la massima efficienza produttiva, attraverso lo sviluppo delle politiche di manutenzione preventiva e migliorativa a scapito della manutenzione correttiva/a guasto⁷.

L’obiettivo della manutenzione produttiva è quello di semplificare i sistemi, sempre più complessi sia a livello tecnologico che per dimensioni. Secondo la norma UNI, la manutenzione produttiva è *“l’insieme di azioni volte alla prevenzione, al miglioramento continuo e al trasferimento di funzioni elementari di manutenzione al conduttore dell’entità, avvalendosi del rilevamento di dati e della diagnostica sull’entità da mantenere”*.

La semplificazione delle procedure e la standardizzazione dei metodi di lavoro permettono agli operatori di muoversi su più macchine e su diverse postazioni della stessa linea e facilitano l’addestramento e la conseguente omogeneizzazione di una cultura manutentiva.

⁷ “TPM – Total Productive Maintenance”; <https://www.mitconsulting.it/tpm-total-productive-maintenance/>

Una rappresentazione grafica di tutto quello che comprende il TPM è data dalla figura sottostante (Figura 6⁸).

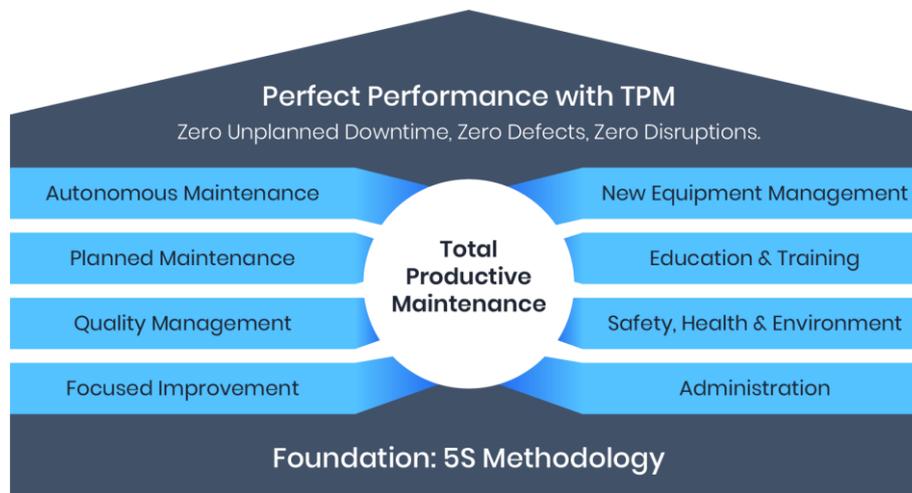


Figura 6; rappresentazione grafica del TPM

3.1 Le origini del TPM

La filosofia organizzativa giapponese parte dal concetto secondo cui è necessario migliorare le persone per potenziare gli impianti. L'affermarsi di questa nuovo modo di pensare ha fatto sì che potesse emergere ed affermarsi la filosofia del Total Productive Maintenance, risultato degli studi di Seichii Nakajima, pubblicati in Giappone nel 1971 dopo lunghi anni trascorsi ad analizzare ed approfondire le tematiche connesse all'integrazione tra manutenzione e produzione in realtà manifatturiere americane ed europee.

Il TPM ha infatti come intento principale quello di superare le tradizionali divisioni fra manutenzione e produzione, per ottenere un sistema integrato dove gli operatori di produzioni sono direttamente responsabili del mantenimento delle corrette condizioni di funzionamento degli impianti presso cui si trovano a svolgere il proprio lavoro, attraverso alcune semplici attività di manutenzione autonoma.

Questa attribuzione di responsabilità deriva dal fatto che sono gli operatori a conoscere meglio di chiunque altro lo stato delle macchine, avendo a che fare con quest'ultime per gran

⁸ "Industry 4.0 & the 8 pillars of Total Productive Maintenance"; <https://www.seebo.com/total-productive-maintenance/>

parte della propria giornata lavorativa. La manutenzione non si conclude nel singolo intervento operativo e occasionale, bensì l'obiettivo è portare al minimo le emergenze e gli interventi manutentivi non programmati.

Nel suo schema strutturale tradizionale, il TPM coinvolge tutti i livelli delle funzioni principali aziendali come la Produzione, la Manutenzione, e l'Ufficio Tecnico degli Impianti. Come tale, il TPM quindi è una disciplina orientata all'integrazione che coinvolge in maniera trasversale tutti i livelli aziendali, dal vertice fino al personale di prima linea.

La finalità ultima del TPM è quindi quella di cambiare il metodo di lavoro delle persone e dei reparti e valorizzare molto il concetto di Zero Perdite. Infatti l'obiettivo ideale a cui devono tendere l'impianto, il reparto e l'azienda è quello di ottenere zero eventi indesiderati che causerebbero spreco di risorse, di tempo e quindi di denaro.

Il concetto giapponese rappresenta però una situazione ideale ed irraggiungibile che però è entrato con una discreta irruenza nelle aziende europee: arrivare alla radice dei problemi e risolverli nella maniera più efficace. Spesso tuttavia accade che, dopo un periodo di entusiasmo iniziale, emergano le difficoltà e il processo decresca fino a raggiungere un altro momento di crisi. La propensione delle persone all'interno di un'azienda infatti è quella di fermarsi al "Do" del ciclo di Deming PDCA, mostrato nella figura a fianco (Figura 7⁹).



Figura 7: logica PDCA

⁹ "Ciclo PDCA e miglioramento della qualità"; <https://www.humanwareonline.com/project-management/center/ciclo-pdca-miglioramento-qualita/>

La TPM mira ad integrare gli approcci sopradescritti sviluppando non solo revisioni e miglioramenti organizzativi e tecnici, ma anche consolidando gli standard ed individuando, tramite il personale operativo, le occasioni di miglioramento semplici ma efficaci.

La parola “totale” che contraddistingue la TPM è da intendersi secondo 4 significati:

1. L'efficienza totale: l'efficienza economica e delle macchine (OEE). Tale elemento include pertanto aspetti di produttività, costi, qualità, sviluppo e sicurezza.
2. La manutenzione totale, ovvero la manutenzione di tutti i macchinari durante il loro intero ciclo di vita. Ciò include politiche di manutenzione preventiva nonché di miglioramento della manutenibilità.
3. La partecipazione totale, ovvero partecipazione di tutte le risorse all'interno dell'azienda anche mediante le attività in team di lavoro.
4. Il coinvolgimento totale, cioè il coinvolgimento di tutte le funzioni aziendali, in primo luogo attraverso un rapporto sinergico tra manutenzione e produzione per un miglioramento continuo della qualità, dell'efficienza operativa, della produttività e della sicurezza.

3.2 I KPI di riferimento: l'OEE

Un parametro fondamentale per l'analisi e il monitoraggio delle perdite di un processo produttivo, è costituito dall'indice OEE (Overall Equipment Effectiveness). Letteralmente “efficienza generale dell'impianto”, è quindi un indicatore percentuale che rappresenta il rendimento globale di una risorsa durante il tempo nel quale essa viene schedata.

Si impone soprattutto nel settore manufacturing, quale indicatore principale per misurare oggettivamente la produttività di fabbrica in metodologie quali il TPM.

La definizione dell'OEE può essere riassunta con i seguenti parametri:

$$OEE = \text{Disponibilità} \times \text{Prestazione} \times \text{Qualità}$$

- *Disponibilità*: rappresenta la capacità dell'impianto di non fermarsi nel tempo programmato ossia nel tempo in cui l'impianto è disponibile per il processo e la manodopera presente;

- *Prestazione (o Rendimento)*: indica la percentuale di parti prodotte rispetto alla potenzialità teorica, quando l'impianto è attivo. Questo parametro è affetto spesso da rallentamenti e microfermate;
- *Qualità*: rappresenta la capacità dell'impianto di produrre senza difetti o deterioramento qualitativo; in pratica indica la percentuale di pezzi conformi rispetto al totale dei pezzi prodotti.

$$OEE = \left(\frac{\text{Tempo attivo}}{\text{Tempo schedulato}} \cdot \frac{\text{Pezzi prodotti}}{\text{Pezzi da produrre}} \cdot \frac{\text{Pezzi conformi}}{\text{Pezzi prodotti}} \right) \cdot 100$$

È quindi l'indice di performance più 'completo' che esista, in quanto sconta tutte le tipologie di inefficienze che portano ad una minore produttività: dalla mancanza di materiali alla cattiva pianificazione, dai setup ai tempi morti, dalle microfermate ai guasti, dalle rilavorazioni alle non conformità.

È di primaria importanza anche perché permette di definire le aree di recupero e i margini di saving per definire al meglio eventuali piani manutentivi di miglioramento.

L'OEE è quindi un numero percentuale che tiene conto delle quattro principali categorie di perdite produttive:

- Guasti;
- Setup e attrezzaggi;
- Riduzione di velocità e microfermate;
- Scarti, rilavorazioni e perdite di resa all'avviamento.

Questo modello però diventa di difficile applicazione nella maggioranza dei contesti produttivi. Infatti nel caso in cui un reparto produttivo gestisca mix di prodotti variabile sia per tipologia che per quantità non sono facilmente calcolabili i 3 fattori che compongono l'OEE.

In molte aziende quindi si va ad 'adattare' il concetto di OEE in base alle esigenze pratiche dei reparti stessi.

Nonostante tutto però rappresenta oggi il KPI più utilizzato.

3.3 Le fondamenta del tempo TPM: le “5S”

Le “5S” (Figura 8¹⁰) sono dei principi e regole pratiche che portano ad un miglioramento della propria postazione di lavoro ed evidenziano gli sprechi.



Figura 8: le fasi '5S'

La loro applicazione comporta vantaggi significativi nella produttività, nella qualità, nella sicurezza del posto di lavoro e nell'immagine dell'azienda, oltre che nella ottimizzazione di spazi occupati:

1. *Seiri* (separare): l'area dedicata al lavoro deve contenere solo gli strumenti utili al processo produttivo mentre vanno eliminate tutte le altre cose che rischiano di causare inutili perdite di tempo. Basti pensare ad esempio alla ricerca di un attrezzo nascosto in un gran quantitativo di materiale esterno o al tempo perso a causa dello spostamento di oggetti inutili dal tavolo quando si ha la necessità di appoggiarci gli utensili sopra. Applicando la prima S, aumenta lo spazio disponibile liberando quello che prima era occupato dalle cose inutili. A livello produttivo, si tratta di eliminare tutti

¹⁰ "Eliminare gli sprechi nei reparti: il modello delle 5S"; <https://www.galganogroup.com/course/eliminare-gli-sprechi-nei-reparti-il-modello-delle-5s/>

i materiali, sia utensili che materie prime o semilavorati, che non concorrono più alla realizzazione del prodotto finito.

2. *Seiton* (sistemare): legato al primo, dopo aver eliminato le cose inutili, gli oggetti utili vengono disposti in maniera ottimale in modo che possano essere trovati anche da chi non conosce le istruzioni. Gli oggetti dovrebbero essere posizionati in postazioni che tengano conto sia dell'ergonomia che della frequenza di utilizzo. Ancora una volta si eliminano le perdite di tempo e aumenta il controllo visivo sugli sprechi.
3. *Seiso* (spazzare): si tratta di pulire la postazione ed eventualmente gli utensili da lavoro una volta terminate le task di lavoro. Pulire diviene necessario al fine di evitare che delle parti estranee, quali sporco o altri utensili, possano compromettere la qualità delle lavorazioni o addirittura dei prodotti finiti. Inoltre se la postazione risultasse sempre pulita, guasti come perdita di liquidi sarebbero subito rilevati. Infine anche da un punto di vista visivo è sempre bene mantenere il sito produttivo dell'azienda più pulito possibile, sia per un discorso igienico che per suscitare buone impressioni sugli eventuali clienti che visitano lo stabilimento produttivo.
4. *Seiketsu* (standardizzare): definire una procedura per fare in modo che le prime tre S siano applicate con diligenza sarà ad opera di responsabili appositamente nominati, che avranno il preciso compito di controllare che queste procedure siano sempre applicate in modo da non vanificare gli sforzi iniziali.
5. *Shitsuke* (sostenere): occorre che le prime quattro S siano accettate e condivise da tutta l'azienda, è quindi necessario definire delle modalità per motivare il personale affinché i suddetti quattro principi siano sempre rispettati.

3.4 Alcuni dei pilastri del TPM

3.4.1 Autonomous Maintenance (AM)

Uno dei componenti fondamentali nell'applicazione del TPM è costituito dalla gestione autonoma della manutenzione. Il principio dell'automanutenzione ha le sue basi nei consueti aspetti di responsabilizzazione del conduttore di linea e nel miglioramento continuo.

È evidente che l'operatore addetto ad un'attività di linea, se ben addestrato e motivato, può costituire il migliore osservatore delle condizioni di funzionamento della macchina, dando un contributo essenziale alla manutenzione preventiva. Ciò permette di raggiungere due principali obiettivi:

- L'invio alla funzione centrale di manutenzione da parte dell'operatore di informazioni relative a segnali fuori norma provenienti dalla macchina.
- Alleggerimento della funzione della manutenzione centrale dalle piccole attività manutentive.

L'attuazione delle pratiche dell'automanutenzione richiedono un adeguato lavoro di preparazione sulle attrezzature e sugli uomini, con l'utilizzo di opportuni strumenti di lavoro. In pratica sono necessari la formazione degli uomini, procedure di pulizia e installazione sulle macchine di indicazioni utili a facilitare le attività di automanutenzione (avvertenze, sistemi di identificazione, tabelle di controllo e lubrificazione).

2.4.1.1 Ruolo della formazione degli operatori

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

Per far fronte a queste problematiche occorre formare operatori di linea affinché siano in grado autonomamente di affrontare i problemi relativi agli impianti nel proprio reparto, di fronteggiare l'emergenza e ripristinare il più velocemente possibile la produzione. Per permettere questo occorre la volontà di:

- Formare operatori che siano esperti di impianti e macchinari, capaci di scoprire le anomalie, risolverle e ripristinare le normali condizioni di funzionamento;
- Far comprendere l'importanza delle pulizie come mezzo di ispezione e di prevenzione delle anomalie dei macchinari;
- Dare indicazioni per migliorare impianti e attrezzature;
- Gestire il problema della lubrificazione in fabbrica;
- Stimolare l'attività di gruppi di miglioramento e la loro formazione.

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

3.4.2 Miglioramento focalizzato

Un altro dei pilastri fondamentali del TPM sviluppa la sua attenzione sulla ricerca e l'analisi dei guasti e le relative cause. Questo tipo di studio viene fatto prevalentemente dai responsabili del progetto TPM nel caso in cui si abbia a che fare con guasti cronici e le cui cause siano difficilmente identificabili.

Un corretto sviluppo di questa tecnica porta a diversi vantaggi:

- Semplificazione dei processi;
- Semplificazione delle procedure di ispezione e lubrificazione delle macchine;
- Riduzione dei costi di guasto e delle ore necessarie alla riparazione;
- Risoluzione di un problema alla volta.

Questo tipo di attività è facilmente conciliabile con la manutenzione autonoma ma è opportuno tenere presente la differenza con cui queste due "tecniche" impattano sul processo produttivo; le attività di AM non sempre permettono di ottenere gli obiettivi prefissati in quanto è un'attività svolta principalmente dagli operatori per cui vi è carenza di competenze, di fondi e risorse e di tempo durante le lavorazioni.

Il Focus Improvement invece permette di agire ed intervenire sempre in maniera sistematica e consistente, garantendo sempre una certa costanza del progetto TPM. La differenza principale che distingue il miglioramento focalizzato dalla manutenzione autonoma è costituita proprio dalla formazione del team di esperti preposti allo studio ed all'eliminazione dei problemi.

La procedura ottimale di questo pilastro è:

1. Scelta dell'obiettivo e formazione di un team apposito
2. Comprensione della situazione attuale

3. Identificazione ed eliminazione delle anomalie
4. Analisi delle cause
5. Pianificazione del miglioramento
6. Implementazione del miglioramento
7. Controllo dei risultati
8. Consolidamento dei risultati

Ovviamente, prima di iniziare una procedura di miglioramento focalizzato è necessario assicurarsi di aver ben compreso la situazione del processo produttivo, facendo un'attenzione particolare allo storico della macchina o dell'impianto a cui è connessa un'attenta analisi dei guasti e delle soste.

Una delle tecniche più utilizzate e di cui è opportuno descriverne le modalità con cui opera è la FMECA.

2.4.2.1 La tecnica FMECA

La FMECA (*Failure Modes, Effects and Criticality Analysis*) è una tecnica di analisi dei guasti finalizzata al problem solving. Essa nasce dalla FMEA, tecnica sviluppata dalla NASA nell'ambito del progetto Apollo alla fine degli anni '50 come metodologia di studio dell'affidabilità di sistemi meccanici e che come intuibile non prevedeva l'analisi di criticità; la sua applicazione in ambito manutentivo però, e nell'analisi dei processi, avvenne solo a partire dagli anni '90.

Il primo passo da fare è comprendere a fondo i guasti che caratterizzano il sistema in esame, poiché da essi dipende l'affidabilità.

Le domande che bisogna porsi sono dunque:

- Come si è manifestato il guasto?
- Quali cause ha avuto?
- Quali conseguenze ha generato?

I 3 parametri chiave di questa analisi sono: "causa del guasto", "modo del guasto" ed "effetto del guasto".

Per causa del guasto si intende una “circostanza determinante che porta al guasto”. Le cause del guasto sono, come detto, inadeguatezze di fabbricazione, di installazione, di manutenzione, ma per comprendere in esse tutti gli eventi che possono determinare un guasto, si considera causa di guasto anche il culminare di un processo naturale (di un meccanismo di guasto) trascurato nel tempo.

Se si tratta di circostanze aleatorie (come i difetti di fabbricazione), le cause di guasto vanno studiate statisticamente e possono essere soltanto limitate; se si tratta di circostanze sistematiche, invece, possono essere studiate deterministicamente ed eliminate del tutto. Le cause di guasto, come afferma Furlanetto, sono “aree del sistema sulle quali bisogna tenere viva l’attenzione se si vuole prevenire il guasto”. Ogni guasto può chiaramente avere molteplici cause.

Altra caratteristica da considerare è il modo di guasto, ovvero la maniera in cui il guasto si manifesta. Il modo di guasto può essere di tre tipi:

- totale (l’entità interrompe completamente la sua funzione),
- parziale (la funzione viene svolta completamente, ma non nei tempi e nei modi previsti),
- intermittente (avaria totale o parziale che alternativamente si ripristina senza interventi esterni).

Si conclude infine con la caratteristica di effetto del guasto. Questa voce, apparentemente abbastanza semplice, nasconde in realtà alcune insidie; è necessario infatti, fare chiarezza sul livello al quale si intendono quantificare gli effetti generati dal guasto. In tal senso si distinguono:

- effetto locale (conseguenze che il modo di guasto ha sull’entità),
- effetto superiore (conseguenze che il modo di guasto ha sul livello superiore del sistema, di cui l’entità fa parte)
- effetto finale (conseguenze che il modo di guasto ha sull’entità più alta nella scomposizione).

1 Verrà spiegato in seguito cosa si intende per scomposizione e “livelli” di un sistema. (Paragrafo 2.4.2.1.1).

L'applicazione della FMECA prevede il raggiungimento di tre obiettivi in sequenza: innanzitutto si ottiene la determinazione sistematica di tutte le cause di guasto dei componenti finali della scomposizione. Successivamente si determina il comportamento al guasto dei sottocomponenti, determinando quelli più critici; infine vengono realizzati i piani di manutenzione necessari a migliorarne l'affidabilità e la disponibilità.

In sostanza, FMECA è un metodo per capire, all'interno di un sistema o impianto non sufficientemente affidabile, dove intervenire e come.

2.4.2.1.1 Le fasi della FMECA

Le fasi di una corretta analisi FMECA sono:

1. Selezione del sistema: consiste nell'individuazione delle entità che necessitano di analisi dei guasti e che risultano critiche per l'azienda.
2. Scomposizione del sistema: generare una struttura ad albero rovesciato su più livelli, al fine di facilitarne la gestione. È una fase fondamentale perché da essa dipendono i modi di guasto generati nella terza fase e per questo è necessario una conoscenza dettagliata della macchina. Può essere di tipo funzionale o fisico: il primo scompone la linea in componenti a seconda della funzione che ricoprono mentre il secondo prevede la suddivisione in parti che fisicamente costituiscono uno stesso insieme. Solitamente, per i manutentori e gli ingegneri di manutenzione, risulta più efficace ed intuitivo l'approccio funzionale. Ne viene fornito un esempio in *Figura 9*:

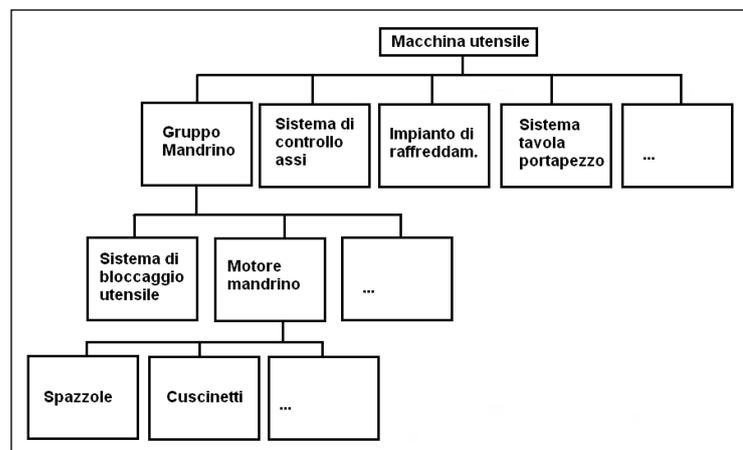


Figura 9; esempio di scomposizione a livelli

3. La creazione dei codici di guasto: consiste nell'individuazione dei modi, delle cause e degli effetti dei guasti di ognuno dei sottocomponenti creati in fase di scomposizione. È opportuno in questa fase favorire la standardizzazione dei codici per evitare ambiguità durante la fase di analisi vera e propria. Al contempo, una descrizione troppo dettagliata rischierebbe di creare problemi ai manutentori durante la fase di segnalazione del problema, poiché la ricerca del codice corretto impiegherebbe molto tempo e rischierebbe che la costanza di segnalazione venga meno.
4. Analisi dei guasti: può avvenire in maniera empirica raccogliendo dati dal campo, o tramite il calcolo dell'indice IPR (Risk Priority Number), ottenuto dal prodotto dei seguenti parametri:
 - P = Occurrence. Probabilità o frequenza di accadimento del modo di guasto;
 - S = Severity. Gravità del modo di guasto, proporzionale al tempo necessario a riparare il componente guasto.
 - D = Detectability. Rilevabilità del modo di guasto o grado di evidenza del guasto.
 - M = Maintainability. Manutenibilità, proporzionale al tempo necessario al ripristino del componente, della macchina o dell'impianto.

Definito l'indice IPR, si stabilisce un ranking dei codici di guasto.

La raccolta dei dati dal campo consiste invece, da parte dei manutentori, nel rilevamento dei codici che descrivono il guasto sul quale sono intervenuti.

Una volta eseguiti i 4 step sopraelencati, si procede con la formulazione dei piani di manutenzione, che possono essere di 3 tipi:

- Manutenzione correttiva: manutenzione a guasto del sistema.
- Manutenzione preventiva: attività manutentive schedate e finalizzate alla prevenzione del guasto.
- Manutenzione produttiva: attività a carico degli operatori presenti sulla linea e che consistono in semplici ma regolari interventi di controllo (Autonomous Maintenance).

Per i primi due punti si fa riferimento al paragrafo 2.4.3.1

Infine, risolte le principali problematiche del sistema, il processo andrà reiterato effettuando nuove analisi sui dati raccolti con le nuove politiche manutentive in atto, per individuare i nuovi modi di guasto critici.

3.4.3 Planned maintenance (manutenzione programmata)

Si parla di manutenzione progressiva quando si cerca di realizzare la migliore combinazione delle politiche di manutenzione finora sviluppate nelle aziende per ottimizzare l'efficienza e l'efficacia delle attività manutentive. All'interno di un programma di sviluppo TPM, la manutenzione programmata rappresenta quella parte di miglioramento continuo rivolto principalmente alla gestione della manutenzione.

Lo scopo infatti è quello di definire un mix ottimale di manutenzione correttiva, programmata e predittiva, in maniera tale da ridurre il numero di guasti, i costi di gestione della manutenzione, l'MTBF (Mean Time Between Failures) e MTTR (Mean Time To Repair).

Gli ultimi due termini rappresentano degli indicatori di prestazione importanti ai fini dello sviluppo e dell'implementazione delle tecniche manutentive (Figura 10¹¹).

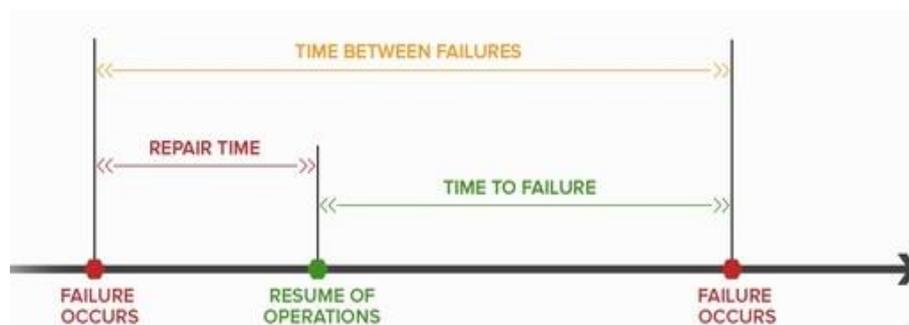


Figura 10: downtime - uptime

La manutenzione programmata ha poi il compito di stabilire e mantenere in condizioni ottimali attrezzature e processo. Uno dei fattori di successo è il coordinamento con le attività della manutenzione autonoma svolte dai reparti produttivi. È importante che siano stabiliti standard che chiariscano i flussi, i compiti ed i tempi di realizzazione.

2.4.3.1 Le politiche di manutenzione

Nel passato le attività di manutenzione erano prevalentemente finalizzate a porre rimedio ad un determinato guasto verificatosi su una macchina o su un impianto. Il concetto era quello di

¹¹ <http://pogot.bietthunghiduong.co/mtbf-chart/>

attendere la comparsa del guasto per poi organizzare un team di manutentori affinché ripristinassero la funzionalità del componente guastato.

Oggigiorno invece si cerca il più possibile di organizzare le attività di manutenzione prima che il guasto si verifichi, in modo tale che il ruolo della manutenzione sia componente fondamentale per un reparto produttivo. È essenziale infatti il perfetto mix tra manutenzione e produzione.

Le strategie manutentive sono dunque le seguenti:

1. La manutenzione a guasto o correttiva: consiste nell'andare a riparare o organizzare un intervento manutentivo dopo che il guasto si è verificato. Di solito questo tipo di manutenzione è efficace nel caso di componenti o macchine di basso costo o non critici per la catena produttiva. Proprio per questo, è un'attività che comporta un costo ridotto e un'organizzazione della manutenzione poco complessa. Questa logica di manutenzione però porta ad avere un elevato livello di magazzino.
2. La manutenzione preventiva: secondo la norma UNI è definita come "la manutenzione eseguita a intervalli predeterminati o in accordo a criteri prescritti e volta a ridurre le probabilità di guasto o la degradazione del funzionamento di un'entità". È una politica che prevede di andare ad organizzare gli interventi manutentivi in maniera programmata e a monte del verificarsi del guasto, garantendosi quindi la possibilità di fermare la macchina nella maniera più conveniente. È fondamentale, in questo caso, andare a determinare la vita utile o il tasso medio di guasto ($\lambda = 1/MTBF$).

Questo tipo di manutenzione si fonda sui seguenti presupposti:

- Il tasso di guasto dei componenti considerati deve essere crescente;
- Il costo totale di intervento di emergenza deve essere superiore al costo totale di intervento preventivo;
- Esistono solo due stati possibili per i componenti: funzionanti o non funzionanti.

Solitamente la programmazione della manutenzione preventiva può avvenire:

- A data costante: è un tipo di manutenzione definibile a intervalli di tempo costante e il momento in cui verrà realizzata la sostituzione del componente

sarà indipendente da quello che succede durante gli intervalli fra gli interventi preventivi.

È un modo molto semplice ma la cosa fondamentale è stabilire l'intervallo di tempo T , cioè l'intervallo fisso che determina i momenti in cui si effettuano gli interventi di sostituzione preventiva.

- A periodo costante: si basa sul fatto che un componente viene sostituito nel momento in cui si raggiungano una certa età o ore di utilizzo
- Su condizione o sintomatica: consiste nell'intervenire su un componente, potendone prevedere il comportamento in futuro. La previsione si basa su un sintomo premonitore o su una stima statistica.

4 Il caso Berco S.p.A.



In questo capitolo verrà descritto il percorso e i progetti di implementazione del TPM all'interno dell'azienda per raggiungere gli obiettivi di progetto.

Per garantire una corretta descrizione delle diverse attività, è stato deciso di suddividere il progetto in diversi capitoli. In questo, verrà descritta l'azienda nei suoi aspetti più generali: dalla storia, allo stabilimento per passare poi al portafoglio dell'azienda e ai mercati in cui si colloca.

Successivamente si entrerà nello specifico descrivendo il reparto all'interno del quale è stato sviluppato questo progetto di tesi: verranno descritte le linee di produzione presenti, le lavorazioni eseguite e il layout della linea specifica studiata.

4.1 L'azienda

Il quartier generale di Berco, sede amministrativa e legale del gruppo, si trova a Copparo, in provincia di Ferrara, dove è situato anche il più grande dei 2 stabilimenti italiani, oltre a quello di Castelfranco Veneto (TV). Dal 1998 rappresenta un marchio molto importante del gruppo thyssenkrupp, una multinazionale tedesca.

Tramite anche alcuni filiali estere come Berco of America a Waukesha (Wisconsin), Berco South America a Campo Limpo (San Paolo) e Berco Bulgaria ad Apriltsi, fornisce 'Just in Time'

il sottocarro per il primo montaggio ai principali costruttori di macchine movimento terra (OEM) sparsi nel mondo come Volvo, Komatsu e Caterpillar.



Figura 11¹²; Berco nel mondo

4.1.1 La storia dell'azienda

L'azienda nasce nel 1918 per opera di Bertoni e Cotti, come piccola bottega di riparazioni ma grazie alla lungimiranza dei suoi fondatori diventa presto una vera e propria fabbrica, sviluppando la produzione di componenti per sottocarro di macchine movimento terra (agricole e industriali). Nel corso degli anni 30', l'azienda fa ingresso nel mercato del sottocarro, diventando la più grande realtà industriale della provincia, esportando i propri prodotti in tutta Europa. Nonostante la grande crisi causata dalla Seconda Guerra Mondiale, in cui Bertoni riesce a salvare gli impianti dal pericolo della distruzione trasferendo macchinari e attrezzature in una remota zona del Trentino, l'azienda introduce tra i propri prodotti anche componenti per carri cingolati e attrezzature per la revisione di macchine movimento terra.

¹² "La nostra storia"; <https://www.thyssenkrupp-berco.com/it/company/la-nostra-storia>

Nel 1957 si dimette il socio Cotti a cui subentra Gianni Bertoni, figlio del fondatore dell'azienda Vezio. Negli anni 60', Berco avvia l'esportazione anche nei mercati internazionali, soprattutto quelli canadesi e statunitensi, nei quali è molto richiesta la produzione di sottocarri dedicati al settore mining.

Negli anni 70', l'azienda raggiunge gli oltre 2500 dipendenti grazie al processo di globalizzazione avviato dall'A.D. Gianni Bertoni, portando il fatturato a 60 miliardi di lire contro i soli 4 miliardi del decennio prima. Nel 1976, Bertoni cede il 50% delle quote aziendali alla multinazionale tedesca dell'acciaio Hoesch.

In questi anni Berco riesce a coprire il 35% dell'intera produzione nazionale di cingolature e il 60% dei ricambi esportati all'estero provengono da questa azienda. Nel dicembre 1991, Berco raggiunge l'importante traguardo della certificazione ISO 9001, relativa alla qualità dei prodotti e dei processi di lavorazione. L'anno seguente, la multinazionale tedesca Krupp incorpora il gruppo Hoesch e nel 1998, la stessa Krupp si fonde con Thyssen, dando vita a thyssenkrupp.

Agli inizi del nuovo millennio, Berco raggiunge l'apice della sua grandezza, con i circa 3000 dipendenti, ma presto dovrà combattere anche la crisi italiana che ridimensionerà notevolmente l'azienda stessa. Nonostante tutto, riuscirà comunque a sopravvivere e nel 2017 entrerà a far parte nella nuova Business Unit di thyssenkrupp, cioè la BU Forged Technologies, registrando un fatturato pari a 398.7 milioni di Euro.

4.1.2 Lo stabilimento di Copparo (FE)

Lo stabilimento di Copparo copre circa 55.000 m² e rappresenta uno dei più grandi stabilimenti presenti nel territorio ferrarese. La sua grandezza ha fatto sì che lo stabilimento sia stato suddiviso in Minicompany, rappresentate dai vari reparti presenti all'interno di Berco S.p.a., aventi ciascuna una propria struttura organizzativa.

Questa distinzione di competenze interne ha permesso di eliminare i lunghi tempi di comunicazione tra le varie strutture aziendali per quel che riguarda le modifiche tecniche base e le correzioni in tempo reale svolte per intero grazie al personale di reparto, consentendo quindi un notevole snellimento dei processi e della relativa amministrazione.

D'altro canto però si perde una visione d'insieme dell'azienda, favorendo lo sviluppo di dinamiche interne independentistiche. Le Minicompany sono:

- Area stampaggio (HF1 e HF2)
- Area rulli
- Area catene
- Montaggio catene
- Area soole
- Warehouse
- Parco acciai
- Lavorazione stampi
- Controlling
- Miglioramento continuo



Figura 12; lo stabilimento di Copparo

4.1.3 I prodotti

Berco offre ai suoi clienti soluzioni innovative, affidabili e competitive per qualsiasi esigenza di parti di sottocarro. L'azienda si inserisce all'interno di un mercato molto vasto: dai costruttori di macchine movimento terra (OEM) all'aftermarket, dai mini escavatori ai dozer da miniera.

Il prodotto aziendale più importante è il sottocarro per macchine movimento terra, costituito da una catena di maglie (che scorrono sui rulli di supporto), fissate alle soles, le quali rappresentano i 'binari' sui quale scorre l'intera struttura. Il moto è garantito da una ruota dentata, calettata sull'asse posteriore, che ingrana con i perni, calettati a loro volta alle maglie. Infine, vi è un sistema tendicingolo a sua volta composto da ammortizzatore, supporto e ruota.

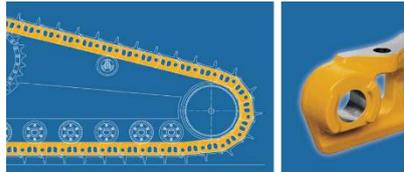


Figura 13; maglie

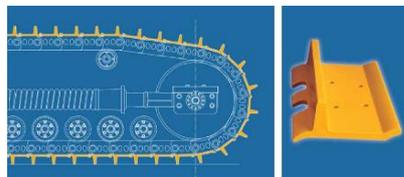


Figura 14; suola

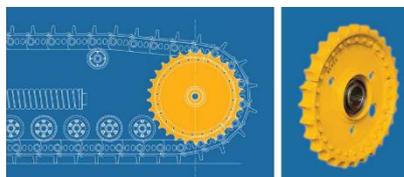


Figura 15; ruota dentata motrice

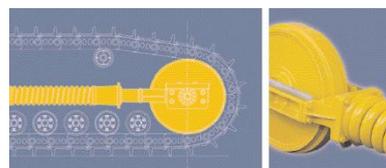


Figura 16; tendicingolo

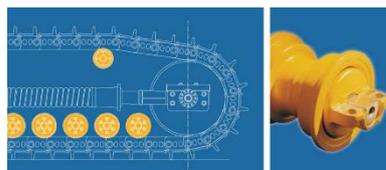


Figura 17; rulli

La produzione dei prodotti Berco può essere suddivisa in cinque famiglie:

- BMP (Berco Mining Products): raccoglie tutti i prodotti pensati per le applicazioni più gravose, miniere a cielo aperto, cave o movimentazione di grandi quantità di materiale; si tratta di applicazioni per macchinari che pesano tra le 50 e le 400 tonnellate, con un passo compreso tra i 215,9 e i 350 mm. Berco realizza versioni ad hoc per l'ambiente artico, dove occorre tenere conto dello spostamento della transizione duttile-fragile degli acciai con l'abbassamento della temperatura. Per gli ambienti di lavoro più aggressivi vengono messe a disposizione le soles forgiate dalla MaxiPressa, dotate di caratteristiche meccaniche e geometria dei rinforzi superiori. Una tipica macchina che può usufruire di prodotti Berco Mining è il classe D11R (*Figura 18*) di Caterpillar.



Figura 18; Caterpillar D11R

- BMR (Berco Medium Range): dispone di una vastissima gamma di prodotti legati ad applicazioni industriali ed agricole che spaziano tra le 7 e le 50 tonnellate, con un passo tra 14 e 228,6 mm. Un tipico esempio applicativo è il Caterpillar D6R (*Figura 19*).



Figura 19; Caterpillar D6R

- BMU (Berco MiniUndercarriage & Utilities): fornisce soluzioni di componenti interscambiabili per mini escavatori e macchine movimento terra tra 1,5 e 6 tonnellate. Fanno parte di questa categoria i sistemi completi cingolati di trazione delle asfaltatrici e di tutte quelle macchine multicingolate utilizzate negli ambienti stradali (*Figura 20*).



Figura 20

- BTS (Berco complete Track System): sviluppa la progettazione e l'assemblaggio di sistemi di sottocarro completi e realizzati internamente sfruttando il know-how aziendale. Il cliente può ricevere l'intera struttura completa pronta per l'inserimento in catena di montaggio. È un prodotto che può essere progettato ad hoc per il cliente. Mietitrebbiatrici per terreni acquitrinosi, sottocarri per perforatrici sono alcuni esempi di applicazioni speciali.
- BSD (Berco Special Devices): è il settore produttivo nato con Berco e che negli anni ha continuato ad accompagnare l'azienda; si divide in macchine per il ricondizionamento dei motori endotermici, particolarmente apprezzate in tutto il mondo (Ferrari fa uso di rettificatrici Berco) e macchine per il montaggio e il disassemblaggio delle catene. Di quest'ultima famiglia fanno parte presse idrauliche fisse e portatili, avvitatori e avvolgitori per catene, sistemi d'ingrassatura.

4.2 Il processo di stampaggio a caldo



Figura 21; esempio di stampaggio a caldo di una maglia

La tecnologia meccanica utilizzata in Berco per la produzione dei vari componenti sopracitati è lo stampaggio a caldo a stampo aperto con cui, attraverso l'applicazione di una forza normale al pezzo da stampare, si consente di dare una ben determinata forma al pezzo stesso. In questa azienda, la forza che il 'blocco' dello stampo imprime sul pezzo da lavorare può arrivare fino a 32000 tons, come nel caso della Maxi Pressa.

Il fatto che sia definito 'in stampo aperto' deriva dal fatto che gli stampi, cioè la superficie sui quali poggia la billetta calda, non racchiudono interamente la billetta stessa, consentendo quindi che il materiale (in questo caso l'acciaio) in eccesso possa fuoriuscire dallo stampo, formando la cosiddetta bava. Solitamente il pezzo da lavorare deve essere posizionato con estrema precisione sullo stampo, per consentirne la corretta lavorazione. A questo proposito, in Berco negli ultimi anni si è alzato notevolmente il grado di automazione delle linee; infatti il posizionamento del pezzo sullo stampo viene eseguito da robot antropomorfi, i quali garantiscono sempre una corretta precisione di posizionamento consentendo quindi di aumentare drasticamente la produttività e la qualità del pezzo stampato.

Gli stampi hanno solitamente una forma piatta ma possono comunque avere forme concave o convesse oppure un punzone per la formazione di fori necessari ad ottenere forme più complesse.



Figura 22; esempio di uno stampo per maglia Berco

Il processo di stampaggio consente inoltre di ottenere un grano più fine, migliorandone quindi le caratteristiche meccaniche e riducendone la porosità causate dalla presenza di bolle d'aria interne.

I vantaggi di uno stampaggio a caldo in stampo aperto sono i seguenti:

- Riduce la possibilità di vuoti d'aria interni;
- Migliore resistenza a fatica e tenacità;
- Migliora la microstruttura e la dimensione dei grani;
- Minori difetti derivanti dalla solidificazione;
- La quantità di prodotti da realizzare è troppo piccola per giustificare l'acquisto o la realizzazione di uno stampo chiuso, molto più costoso.

4.3 L'area HF2

L'area HF2 è l'area in cui avvengono le lavorazioni di stampaggio a caldo e rappresenta uno dei reparti fulcro dell'azienda in cui viene richiesta circa il 22% delle risorse interne aziendali. Il reparto dispone di strutture interne che ne permettono una gestione semiautonomo dal punto di vista aziendale; esiste infatti un centro di controllo della produzione, un centro di

collaudo/qualità, un'organizzazione di manutenzione meccanica ed elettrica, un responsabile della sicurezza (SPP), un addetto alla schedulazione delle linee e della manodopera.

In questo reparto avviene quindi la lavorazione di stampaggio a caldo necessaria alla produzione della maggior parte dei componenti, come maglie, soles, ruote motrici, rulli e alberi, come descritto nel *Paragrafo 4.1.3*. Le 5 linee più importanti sono:

- Linea Maxi Press: è una pressa a vite capace di imprimere un colpo da 32000 tons con cui vengono prodotti i componenti di grandi dimensioni come maglie, soles e ruote motrici destinati soprattutto al settore mining.
- Linea Midi Press: è una pressa a vite da 16000 tons con la quale vengono prodotti maglie, soles e ruote motrici. Rappresenta la linea parallela alla linea MaxiPress.
- Linea High Speed Press: è una pressa meccanica da 3150 tons. La sua caratteristica è quella di eseguire la lavorazione su 5 stazioni differenti. Questa linea è composta anche da un forno di rinvenimento.
- Laminatoio2: avviene la laminazione in un'unica operazione di anelli per ruote nude anteriori saldate.
- Linea Eumuco4000: è una pressa a doppia biella con cui vengono prodotti rulli e maglie di piccole dimensioni.



Figura 23; immagine satellitare dello stabilimento di Copparo

4.4 Linea MidiPress

La Midi pressa è una delle principali linee di produzione all'interno del reparto dedicato allo stampaggio, nata per soddisfare le crescenti richieste del settore Mining. Il forte impegno di Berco nel settore Mining finora era basato sulla famosa linea di stampaggio "Maxi Press", l'unica che poteva produrre componenti di elevato peso e dimensioni, richiedenti alte forze di stampaggio.



Figura 24; immagine dall'alto della linea Midi

4.4.1 Presentazione della linea Midi

Il progetto "Midi" ha preso origine principalmente da due motivazioni: le caratteristiche della linea "Maxi Press" non sono pienamente indicate per lo stampaggio dei componenti per catene e rulli Mining del range 70-150 kg, ed altresì si è sempre avvertita la necessità di aumentare la produttività ed ottimizzare i costi di trasformazione dei suddetti componenti. Inoltre, il funzionamento a ciclo continuo della linea "Maxi Press" è molto critico dal punto di vista delle manutenzioni ed oneroso per tutti i servizi connessi.

Il nome "Midi" è stato dato per indicare una pressa più piccola della cosiddetta "Maxi", ma in realtà ha comunque una notevole stazza (circa 1000 tons di peso), con un diametro della vite

principale di 900 mm; (la Maxi Pressa ha un peso di circa 1900 tons ed un diametro della vite di 1200 mm). In termini di forza massima, la "Midi Press" può sviluppare 16.000 tons, mentre la Maxi può arrivare a 32.000 tons.

Questa pressa, proveniente dalla città di Danville da una società del Forging Group di thyssenkrupp, era stata impiegata per lo stampaggio di grossi alberi per motori diesel.

La macchina era stata intensamente utilizzata per circa trenta anni, pertanto le fasi di smontaggio, trasporto, revisione meccanica e rimontaggio hanno richiesto un notevole impegno tecnico-organizzativo. La stretta collaborazione con la casa costruttrice Schuler-Weingarten e l'esperienza accumulata da Berco nel progetto "Maxi Press" hanno permesso di trasformare la Midi in una macchina completamente ammodernata e praticamente nuova.

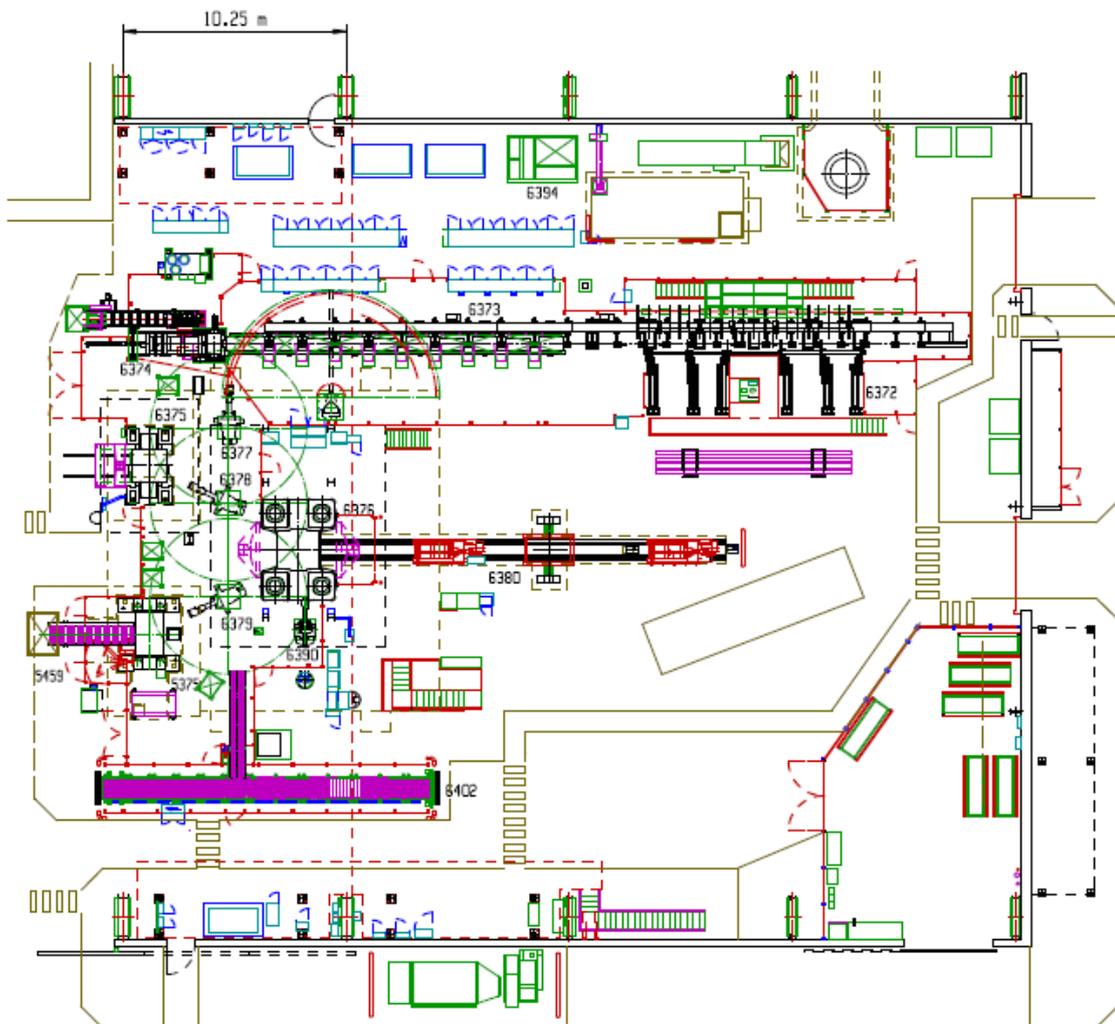


Figura 25; layout linea MidiPress

Collocata nella Minicompany “Area Stampaggio 2”, non distante dalla ‘sorella’ maggiore, questa nuova linea si configura con un layout notevolmente diverso, avendo una linea di riscaldamento ad induzione invece che forno a gas rotativo.

E’ stata quindi definita con i rispettivi costruttori una moderna linea di riscaldamento e taglio a caldo di elevata produttività ed efficienza energetica, e con grossi vantaggi rispetto ad un forno a gas, che deve rimanere sempre acceso.

Innovativa, inoltre, è stata la scelta di robot Fanuc antropomorfi di ultima generazione per la movimentazione dei pezzi, le cui prestazioni e potenzialità hanno permesso di compattare notevolmente la disposizione delle varie presse che compongono la linea ed aumentare il livello di automazione della linea stessa. Di conseguenza ne hanno tratto beneficio la gestione operativa e il controllo di tutta la linea, che può essere gestita da due operatori invece che dai tre necessari per la linea Maxi.

Tra gli altri aspetti tecnici innovativi sui quali si è realizzata la linea vanno menzionati la nuova pressa idraulica di pre-formatura (Lasco), il sistema di lubro-refrigerazione stampi, il sistema portastampi e relativo sistema di cambio rapido.

4.4.2 Gli asset della linea

In questo paragrafo vengono descritte le macchine e gli asset che compongono il flusso produttivo della linea (*Figura 26*).

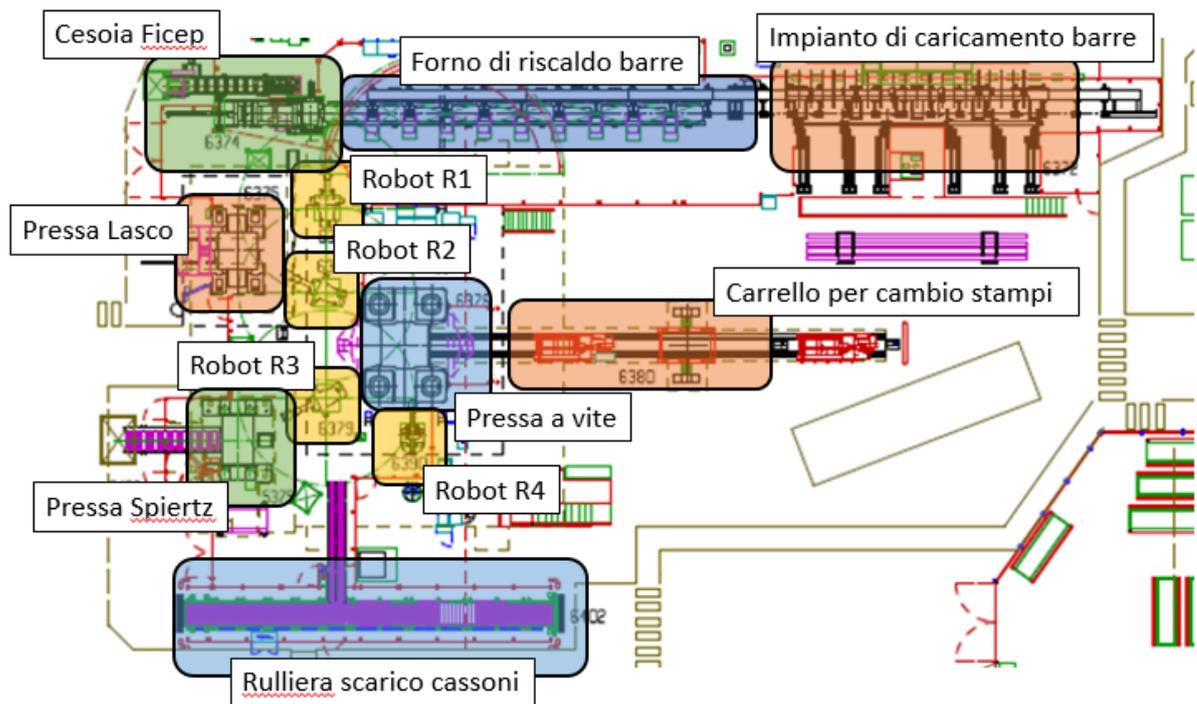


Figura 26; gli asset della linea

1. Impianto di caricamento barre: è l'impianto 'di alimentazione' della linea attraverso cui le barre (a sezione circolare o quadrata), prelevate dall'esterno, vengono caricate sul nastro per darle in pasto al forno ad induzione. Le barre vengono caricate sul bancale attraverso il carroponte e, per mezzo di un ribaltatore, l'acciaio viene caricato su dei rulli automatici che permettono l'avanzamento della barra verso la zona di riscaldamento (Figura 27).



Figura 27; impianto di caricamento barre

2. Forno di riscaldamento barre ad induzione: è un forno formato da 10 bobine alimentate da corrente alternata con cui la barra viene portata ad una temperatura di circa 1250 °C. Gli induttori possono variare a seconda del tipo di barra da scaldare, sia in dimensione che in forma (sezione quadrata o circolare). Il forno è dotato anche di una cabina elettrica e di un convertitore per la trasmissione di potenza alle bobine.



Figura 28; bobine di riscaldamento

3. Impianto di cesoiamento Ficep: si tratta di un impianto per il taglio a caldo delle barre. Una lama, con un moto verticale garantito da un impianto ad aria, scende verso il basso in modo tale da ricavare un blocchetto della lunghezza definita a seconda del tipo di componente da realizzare. Un calibro misura l'avanzamento della barra, definendo il momento in cui le lame possono scendere per tagliare la barra.



Figura 29; cesoia Ficep

4. Robot Fanuc R1: si tratta del robot a pinza meccanica con il quale si effettua l'asservimento alla pressa Lasco. Il robot preleva la billetta in uscita dalla cesoia. Si tratta di robot aventi 6 gradi di libertà: 3 di traslazione e 3 di rotazione. Ogni asse viene comandato autonomamente da motori elettrici.



Figura 30; robot R1

- Pressa Lasco VPE 3000: è la pressa idraulica con cui avviene una prima sbazzatura del blocchetto (Figura 31 e 32).



Figura 31; pressa sbazzatrice Lasco



Figura 32; stampo inf. e sup. pressa Lasco

5. Robot Fanuc R2: è il corpo antropomorfo che trasporta il blocchetto dalla pressa Lasco alla pressa a vite Weingarten (*Figura 33*).



Figura 33; robot R2

6. Pressa a vite PZS 900: è la pressa a vite da 16000 tons con cui avviene la finitura del pezzo, cioè ne viene data la forma definitiva, compresa di bava (*Figure 34 e 35*).



Figura 34; stampo pressa a vite



Figura 35; pressa a vite Weingarten

7. Robot R4: è il robot che permette la pulizia e la lubrificazione degli stampi. Dopo che il pezzo stampato viene prelevato dal robot R3, è necessario preparare lo stampo alla lavorazione successiva. Perciò avviene un primo spruzzaggio di aria in pressione per sollevare ed eliminare la scoria rimasta sullo stampo inferiore; successivamente una serie di ugelli posti sulla 'mano' del robot spruzzano acqua mista a grafite (*Figure 36 e 37*) per impedire che il pezzo aderisca allo stampo inferiore, non consentendo quindi agli espulsori inferiori di sollevare il pezzo nella maniera corretta. Questi ultimi sono dispositivi che garantiscono al robot R3 di afferrare il pezzo correttamente.



Figura 36; vista laterale robot R4



Figura 37; sistema di spruzzaggio robot R4

- Robot Fanuc R3: antropomorfo che preleva il pezzo dalla pressa a vite e asserve la pressa sbavatrice Spiertz (*Figure 38 e 39*).



Figura 38; robot R3



Figura 39; robot R3 in asservimento alla pressa sbavatrice Spiertz

- Pressa a tranciare Spiertz: pressa meccanica dotata di albero volano attraverso il quale viene tolta la bava dal pezzo per ottenere la forma definitiva. È infatti l'ultima lavorazione eseguita sul pezzo. Il tranciante permette anche la formazione dei fori. Le bave e i fondelli vengono poi scaricati in un cassone attraverso un nastro trasportatore (Figura 40).



Figura 40; pressa sbavatrice Spiertz e nastro di evacuazione bave

8. Nastro trasportatore pezzi finiti: dopo la fase di sbavatura, il pezzo viene ripreso dal robot R3 e trasportato su un nastro trasportatore dei pezzi finiti, il quale consente di scaricarli nei cassoni di raccolta.



Figura 41; nastro trasportatore pezzi finiti

- Rulliera di scarico Trascar: è una rulliera motorizzata che consente di trasportare i cassoni dei pezzi finiti verso la fine del rullo per essere poi spostati dagli operatori (*Figura 42*).

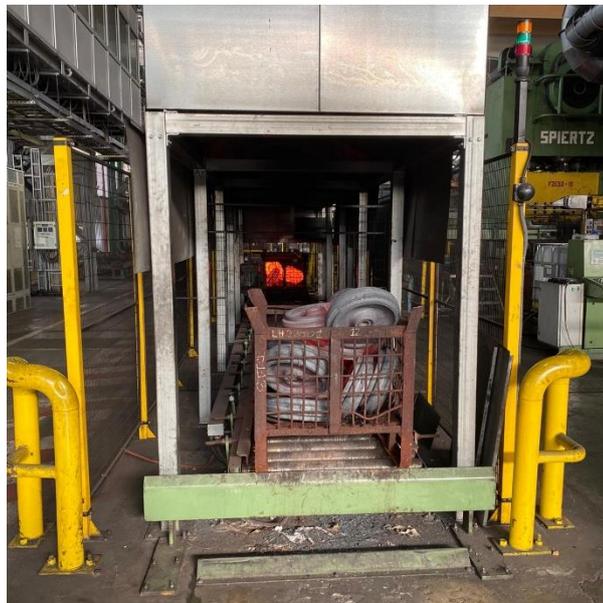


Figura 42; rulliera di scarico Trascar

L'elevata automazione ha permesso quindi che, nonostante l'enorme complessità dei singoli asset, gli operatori sulla linea fossero soltanto due. Gli stampi (stampo superiore ed inferiore) vengono preparati dagli attrezzisti, costituenti un reparto a sé, mentre le pulizie tecniche, i movimenti dei robot e il set-up vengono gestiti direttamente dagli operatori di linea.

4.4.3 L'importanza della linea Midi

La 'Midi' ha un impatto economico molto elevato rispetto alle altre linee presenti. È una linea strategica, in quanto rappresenta una valida alternativa alla linea Maxi, ma i codici prodotti sono assai più elevati e quindi si è cercato di mettere in atto alcune azioni sulla linea, sia di breve che di lungo termine, al fine di ridurre le inefficienze e i guasti delle macchine della linea. L'anno fiscale 18/19 ha dimostrato i motivi sopracitati: nonostante la Midi non fosse la linea che avesse un maggior ammontare di ore di sosta, ha comunque il più elevato costo €/h dovuto alla mancata produzione, come dimostrato nel grafico sottostante.

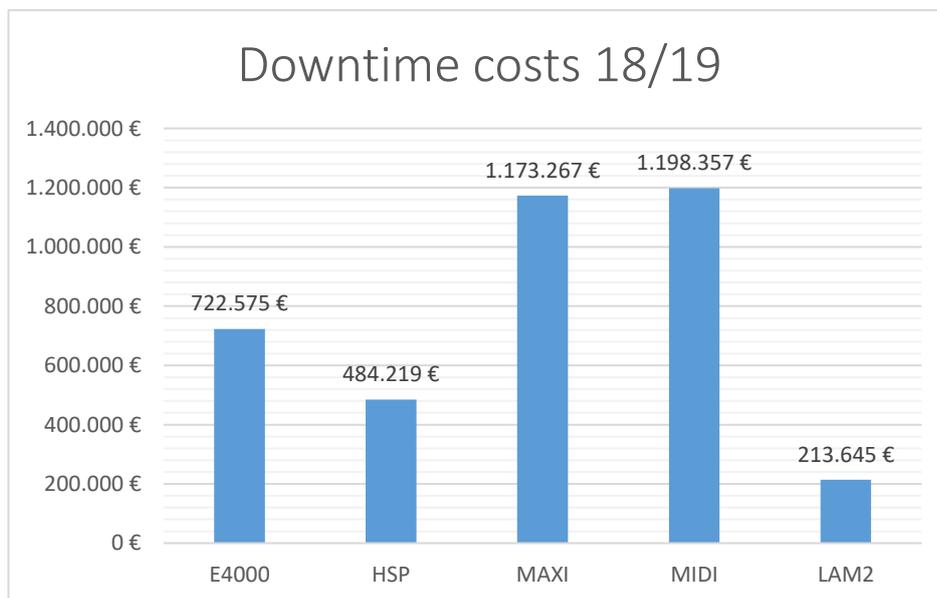


Grafico 1; costi delle linee FY 18/19

Nello specifico sono stati estratti (tramite il software gestionale SAP) e analizzati i costi attribuibili a ogni singolo pezzo, definiti dall'ufficio Controlling.

I costi variabili sono:

- Costo dell'acciaio: è il peso della billetta moltiplicato per il costo dell'acciaio (circa 0,5 €/kg). Rappresenta circa il 47% dei costi variabili totali.
- Costo di manodopera diretta: è il costo degli operatori addetti alla linea. È di circa 25 €/h per ogni operatore;
- Costo dell'energia: le macchine consumano solitamente 54 kWh/pz;
- Costo degli stampi;
- Costo dei lubrificanti e olio.

Tra i costi fissi invece vengono definiti:

- Ammortamento;
- Costi di manutenzione;
- Costo del personale indiretto (come attrezzisti e carrellisti).

Nell'immagine sottostante (Figura 43) ne viene definito un esempio:

El..	Defin. elem. costo	Σ	Totale	Σ	Fisso	Σ	Variabile	Divisa
1	Steel material		14,61				14,61	EUR
2	Unpacked component							EUR
3	Other raw material							EUR
4	Semifinished materia							EUR
5	Subcontracting							EUR
6	Overhead							EUR
7	Addictional cost							EUR
8	Direct Labor		2,61				2,61	EUR
9	Indirect Labor							EUR
10	Depreciation		12,43		12,43			EUR
11	Maintenance cost		2,87		2,87			EUR
12	Indirect & Staff		3,35		3,35			EUR
13	Energy		7,62				7,62	EUR
14	Cost of dies		2,42				2,42	EUR
16	Consumable		2,32				2,32	EUR
17	Scrap							EUR
18	Other		1,08				1,08	EUR
19	Not defined							EUR
			49,31		18,65		30,66	EUR

Figura 43; esempio dei costi attribuibili ad ogni singolo pezzo (fonte SAP)

L'ammontare quindi dei vari costi di produzione consente di determinare un costo totale del pezzo finito. Determinando quindi un costo medio dei codici prodotti dalla linea Midi, e, conoscendo il numero di pezzi/h ottenibili dalla linea, è stato possibile determinare i costi delle varie linee in base ai tipi di guasto avvenuti.

5 Analisi dati

Il primo passo seguito è stata l'analisi dei dati relativi all'anno fiscale 2018/2019 per definire lo stato AS-IS: capire cioè quali fossero le criticità della linea e focalizzare gli obiettivi per implementare tecniche e azioni in ottica TPM. Verranno descritti gli strumenti con i quali sono stati raccolti i dati 'dal campo'. Successivamente si è passati alla messa in ordine degli stessi e ad una successiva analisi evidenziandone i problemi riscontrati.

5.1 Kienzle

Un importante strumento utilizzato dai responsabili di produzione e manutenzione è la possibilità di accedere ad un software installato nel computer di macchina (Figura 45-46), chiamato in gergo 'Kienzle', il cui nome deriva direttamente dalla software-house tedesca.

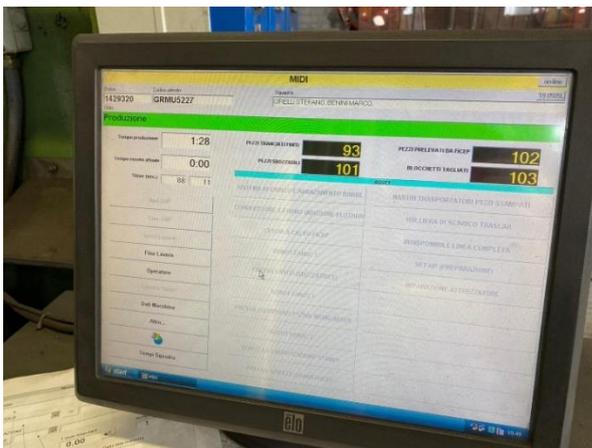


Figura 44; display Kienzle



Figura 45; posizione del pannello di controllo

Questo software consente di registrare istante per istante le attività della macchina, sia che sia in produzione che sia in stato di fermo; quando infatti accade una anomalia in un componente della linea, la produzione si ferma e nel display a bordo macchina compare la scritta 'sosta ingiustificata'.

Gli operatori devono quindi giustificare la causa del downtime da un elenco di soste decise in fase di installazione del software, come riportato nella tabella sottostante.

Nella colonna 'CAUSALE' vengono evidenziati gli asset della linea o altre causali di carattere generale. La colonna 'SOTTOCAUSALE' invece indica la tipologia di guasto.

HF2 MIDI PRESSA				
CAUSALE		SOTTOCAUSALE		MASPI
Pos.	Descrizione	Pos.	Descrizione	
s00	SISTEMA DI CARICO E AVANZAMENTO BARRE	U00	GUASTO ELETTRICO	M
		U01	GUASTO MECCANICO	M
		U02	GUASTO CIRCUITO RAFFREDDAMENTO	M
		U03	GUASTO IDRAULICO	M
		U04	GUASTO RULLI RUFABA	M
		U05	GUASTO RULLI RURIBA	M
		U06	GUASTO SISTEMA MISURA BARRE	M
		U07	GUASTO PREMIBARRA	M
		U08	ANOMALIA LUBRIFICAZIONE	P
s01	CONVERTITORI E FORNO INDUZIONE ELOTHERM	U00	GUASTO ELETTRONICO CONV MF	M
		U01	GUASTO BANDELLE/SIST ALLACCIAMENTO	M
		U02	GUASTO IMPIANTO DI RAFFREDDAMENTO	M
		U03	GUASTO FORNO INDUZIONE	M
		U04	GUASTO BINARI	M
		U05	BARRA COLATA	P
		U06	GUASTO MECCANICO	M

s02	CESOIA TAGLIO A CALDO FICEP	U00	GUASTO ELETTRICO	M
		U01	SCARTO ERRATO TESTE/CODE	M
		U02	GUASTO MECCANICO	M
		U03	GUASTO IDRAULICO	M
		U04	GUASTO CIRCUITO DI RAFFREDDAMENTO	M
		U05	ANOMALIA LUBRIFICAZIONE	P
s03	ROBOT FANUC 1	U00	GUASTO ELETTRICO	M
		U01	GUASTO MECCANICO	M
		U02	GUASTO PINZA MOTORIZZATA	M
		U03	ANOMALIA ORGANI DI PRESA	A
s04	PRESSA LASCO (SBOZZATRICE)	U00	GUASTO ELETTRICO	M
		U01	GUASTO MECCANICO	M
		U02	GUASTO IDRAULICO	M
		U03	ANOMALIA LUBRIFICAZIONE	P
s05	ROBOT FANUC 2	U00	GUASTO ELETTRICO	M
		U01	GUASTO MECCANICO	M
		U02	GUASTO PINZA MOTORIZZATA	M
		U03	ANOMALIA ORGANI DI PRESA	A
s06	PRESSA (STAMPARE) PSZ900 WEINGARTEN	U00	GUASTO ELETTRICO	M
		U01	GUASTO MECCANICO	M
		U02	GUASTO IDRAULICO	M
		U03	PEZZO INCASTRATO	P
		U04	ANOMALIA LUBRIFICAZIONE	P
		U05	ANOMALIA ESPULSORI	M
		U06	REGOLAZIONE SPESSORE PEZZO STAMPATO	P
s07	ROBOT FANUC 3	U00	GUASTO ELETTRICO	M
		U01	GUASTO MECCANICO	M
		U02	GUASTO PINZA MOTORIZZATA	M
		U03	ANOMALIA ORGANI DI PRESA	A
s08	ROBOT 4 E LUBRIFICAZIONE STAMPI	U00	GUASTO ELETTRICO	M
		U01	GUASTO MECCANICO	M
		U02	PROGRAMMAZIONE	P
		U03	ANOMALIA SISTEMA DI SPRUZZAGGIO	M
s09	PRESSA SPIERTZ (SBAVATRICE)	U00	GUASTO ELETTRICO	M
		U01	GUASTO MECCANICO	M
		U02	GUASTO IDRAULICO	M
		U03	GUASTO SISTEMA EVACUAZIONE BAVE	M
		U04	PEZZO INCASTRATO	P
		U05	CASSETTO SFRIDI - FONDELLI INCASTRATI	P
		U06	ANOMALIA LUBRIFICAZIONE	P
		U07	DUE PEZZI TRANCIATI	P
		U08	PRESSA FUORI P.M.S.	M
s10	NASTRO TRASPORTATORI PEZZI STAMPATI	U00	GUASTO ELETTRICO	M
		U01	GUASTO MECCANICO	M
		U02	GUASTO CARPENTERIA	M
		U03	SCATTO MAGNETOTERMICO	M
s11	RULLIERA DI SCARICO TRASCAR	U00	GUASTO ELETTRICO	M
		U01	GUASTO MECCANICO	M
		U02	CASSONE INCASTRATO	P
		U03	GUASTO CARPENTERIA	M
		U04	ANOMALIE RULLI	M

s12	INDISPONIBILE LINEA COMPLETA	U00	ATTESA MATERIALE	I
		U01	ATTESA RISCALDO MATERIALE	P
		U02	ATTESA STAMPI	S
		U03	ATTESA TRANCIANTE	S
		U04	AVVIAMENTO/SPEGNIMENTO LINEA	I
		U05	PULIZIE TECNICHE INDISPENSABILI	I
		U06	GUASTO IMPIANTI GENERALI ARIA ELETR	I
		U07	MANCANZA CARROPONTE	S
		U08	ATTESA CARRELLISTA	I
		U09	ANOMALIA BERTOLOTTI CAMBIO STAMPI	M
		U10	ASSENZA OPERATORE	I
		U11	RISCALDO MATERIALE POST SETUP	S
		U12	OPERAZIONE ERRATA	P
s13	SET-UP (PREPARAZIONE)	U00	CAMBIO LINEA COMPLETO (con forno e lame)	S
		U01	CAMBIO STAMPI E TRANCIANTE	S
		U02	CAMBIO STAMPI+TRANCIANTE+LASCO	S
		U03	CAMBIO PARZIALE (solo stampo superiore)	S
		U04	ATTESA CONTROLLO COLLAUDO	S
		U05	REGOLAZIONE LINEA	S
		U06	RIFASATURA STAMPI	S
		U07	CAMBIO LAME CESOIA	S
		U08	PROGRAMMAZIONE R1	S
		U09	PROGRAMMAZIONE R2	S
		U10	PROGRAMMAZIONE R3	S
U11	REGOLAZ. SPESS. PZ. STAMPATO POST CAMBIO	S		
s14	RIPARAZIONE ATTREZZATURE	U00	MOLATURA STAMPI	A
		U01	SOSTITUZIONE STAMPO ROTTO	A
		U02	SOSTITUZIONE MATRICE ROTTA	A
		U03	SOSTITUZIONE SBOZZATORE ROTTO	A
		U04	MOLATURA TRANCIANTE	A
		U05	RIPARAZIONI PORTASTAMPI	A
		U06	RIPARAZIONE PORTATRANCIANTE	A
		U07	RIPARAZIONE ATTREZZATURE	A
		U08	CAMBIO COLATA	P
		U09	PRERISCALDO STAMPI	S
		U10	MOLATURA PUNZONI	A
		U11	SOSTITUZIONE PUNZONI	A
		U12	RIPARAZIONE ESTRATTORE/PIATTELLO BAVA	A
		U13	SOSTITUZIONE ESPULSORI STAMPI	A
U14	CAMBIO LAME	A		
si	SOSTA INGIUSTIFICATA	U00	SOSTA INGIUSTIFICATA	SI
P	PRODUZIONE		Produzione	Produz

Tabella 1; tabella causali Kienzle

L'ultima colonna è stata nominata con il termine MASPI, acronimo utilizzato dall'amministrazione per definire il reparto rispetto a cui attribuire la sosta. In particolare:

- M = manutenzione
- A = attrezzature
- S = set-up
- P = processo
- I = indisponibilità generali
- SI = sosta ingiustificata

Sono state quindi discusse le varie causali di sosta disponibili nel Kienzle ed è stata definita quale fosse la lettera più adatta. Per effettuare un'analisi iniziale di massima per evidenziare gli asset più critici è stato analizzato l'archivio di questo software.

Dopo aver estrapolato i dati relativi all'anno fiscale 18/19, da una prima analisi è stato possibile ricavare il seguente grafico (*Grafico 2*).

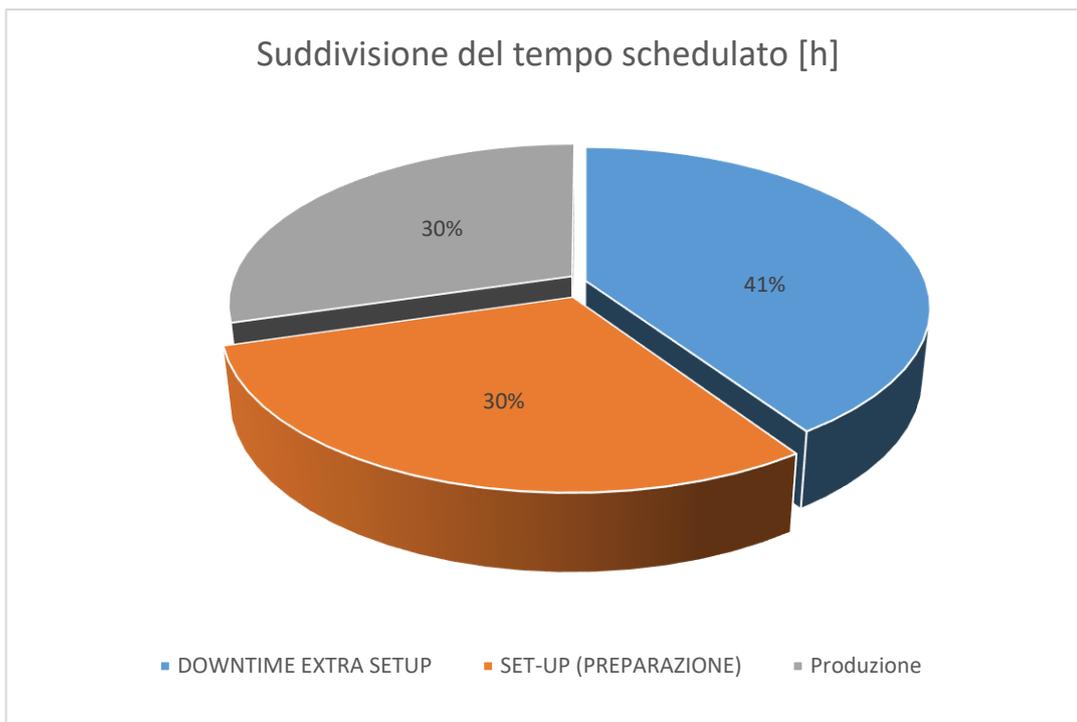


Grafico 2; suddivisione % del tempo schedulato

	%	Ore [h]
DOWNTIME EXTRA SETUP	41%	2623
SET-UP	30%	1927
Produzione	30%	1916
TOTALE FY 18/19	100%	6466

Tabella 2; suddivisione del tempo schedulato

In questo primo grafico vengono evidenziati in termini percentuali la ripartizione del tempo schedulato della macchina nel FY 18/19 in termini di produzione, downtime e downtime extra setup. Si sottolinea il fatto che le percentuali ricavate in questa prima tabella siano effettivamente reali in quanto sono dati registrati direttamente da Kienzle.

È possibile notare facilmente come la produzione ricopra soltanto il 30% del tempo schedulato e che i tempi di set-up siano la causa maggiore dei fermi macchina. Questo tipo di downtime però, per questo tipo di lavorazione e macchine, sono necessariamente molto elevati ma l'attenzione è stata posta verso le causali rappresentanti le macchine specifiche poste sulla linea, in quanto obiettivo di questo progetto.

Successivamente si è preso in esame l'ammontare di ore causate dai fermi macchina; le voci sull'asse delle ascisse rappresentano quelle che nella tabella appena raffigurata sono denominate 'CAUSALE'.

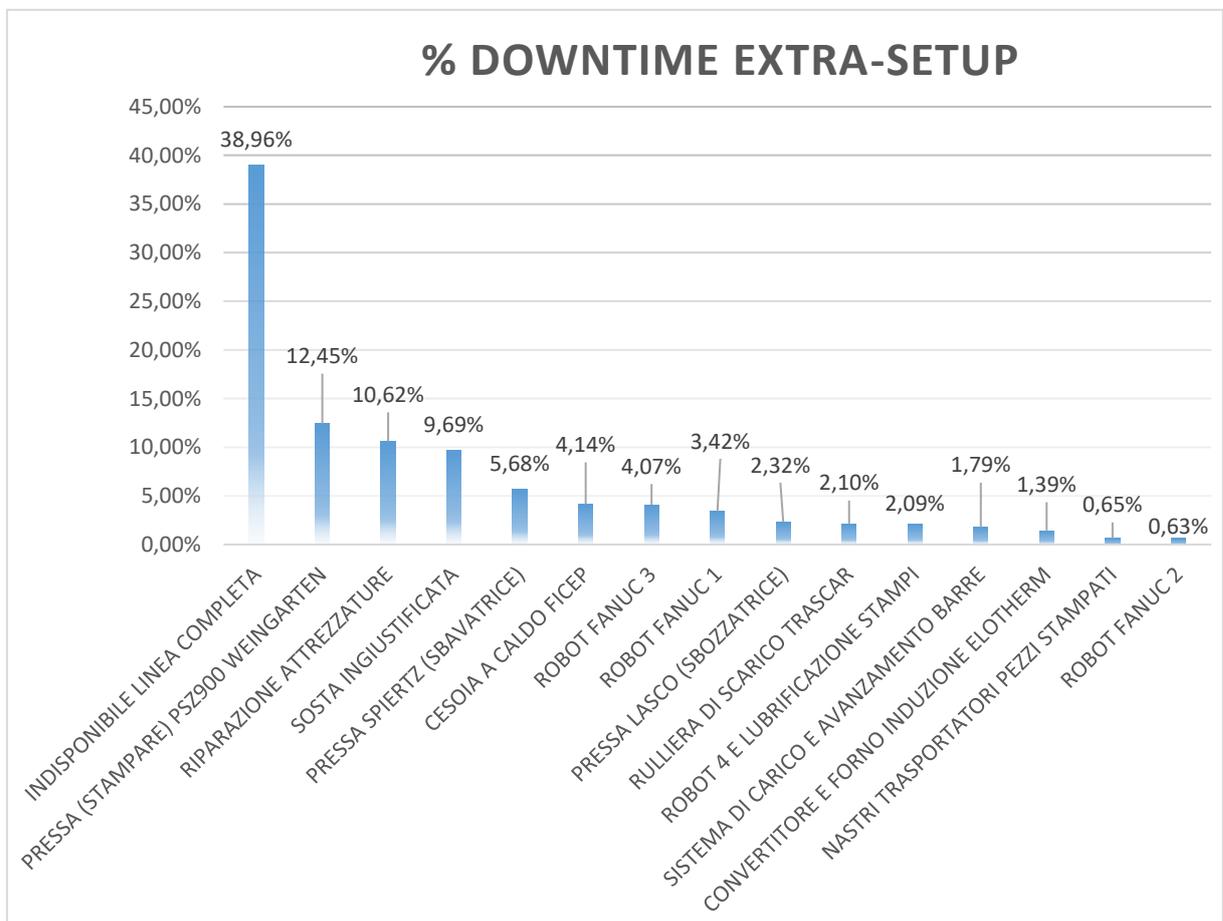


Grafico 3; Pareto delle causali Kienzle

Downtime	Monte ore [h]
INDISPONIBILE LINEA COMPLETA	1022
PRESSA (STAMPARE) PSZ900 WEINGARTEN	326
RIPARAZIONE ATTREZZATURE	279
SOSTA INGIUSTIFICATA	254
PRESSA SPIERTZ (SBAVATRICE)	149
CESOIA A CALDO FICEP	109
ROBOT FANUC 3	107
ROBOT FANUC 1	90
PRESSA LASCO (SBOZZATRICE)	61
RULLIERA DI SCARICO TRASCAR	55
ROBOT 4 E LUBRIFICAZIONE STAMPI	55
SISTEMA DI CARICO E AVANZAMENTO BARRE	47
CONVERTITORE E FORNO INDUZIONE ELOTHERM	36
NASTRI TRASPORTATORI PEZZI STAMPATI	17
ROBOT FANUC 2	17
Totale complessivo	2623

Tabella 3; monte ore causali Kienzle

Si evidenzia infatti come una buona parte dei downtime siano stati individuati nella pressa a vite Weingarten (12,45%), nella pressa sbavatrice Spiertz (5,68%), nella cesoia Ficep (4,14%) e nel robot Fanuc 1 e 3 (3,42% e 4,07%). La pressa a vite Weingarten ha un monte ore (326 h) elevato rispetto agli altri asset perché ha avuto un guasto prolungato al motore, che permette il moto verticale del corpo pressa, dal 03.07.2019 al 09.07.2019 per un totale di 96 ore (lavorando su 2 turni da 8 ore ciascuno, domenica esclusa).

Da questa prima analisi va fatta una menzione per la causale “INDISPONIBILE LINEA COMPLETA”. Tra le sue sottocausali compare “ATTESA RISCALDO MATERIALE”, la quale, come dimostrato nel *grafico 4*, copre il 58,21%. Questo tipo di downtime rappresenta quel tempo necessario per portare in temperatura le barre di acciaio; la billetta infatti per essere stampata deve raggiungere a cuore una temperatura compreso tra i 1250 °C e i 1300 °C. Ma la causa effettiva di questo tipo di sosta è rappresentata dal guasto accorso precedentemente e attribuibile quindi a una macchina o un asset particolare della linea. Per spiegare meglio questo passaggio, ne viene illustrato un esempio:

Data-ora inizio evento	Data-ora fine evento	Stato Macchina	Sotto sosta	Tipo Messaggio	Note	Durata
07/02/20 05:55:20	07/02/20 06:39:53	13 SET-UP (PREPARAZIONE)	RIFASATURA STAMPI	R16 Cambio stato		00:44:33
07/02/20 06:39:53	07/02/20 07:03:05	02 CESAIA A CALDO FICEP	GUASTO ELETTRICO	R16 Cambio stato		00:23:12
07/02/20 07:03:05	07/02/20 07:39:50	12 INDISPONIBILE LINEA COMPLETA	ATTESA RISCALDO MATERIALE	R16 Cambio stato		00:36:45

Figura 46; esempio di schedulazione Kienzle

È evidente in questo caso che il guasto elettrico verificatosi sulla cesaia Ficep abbia fermato la linea e raffreddato la barra. Dopo aver risolto il problema però è stato necessario riportare in temperatura l'acciaio.

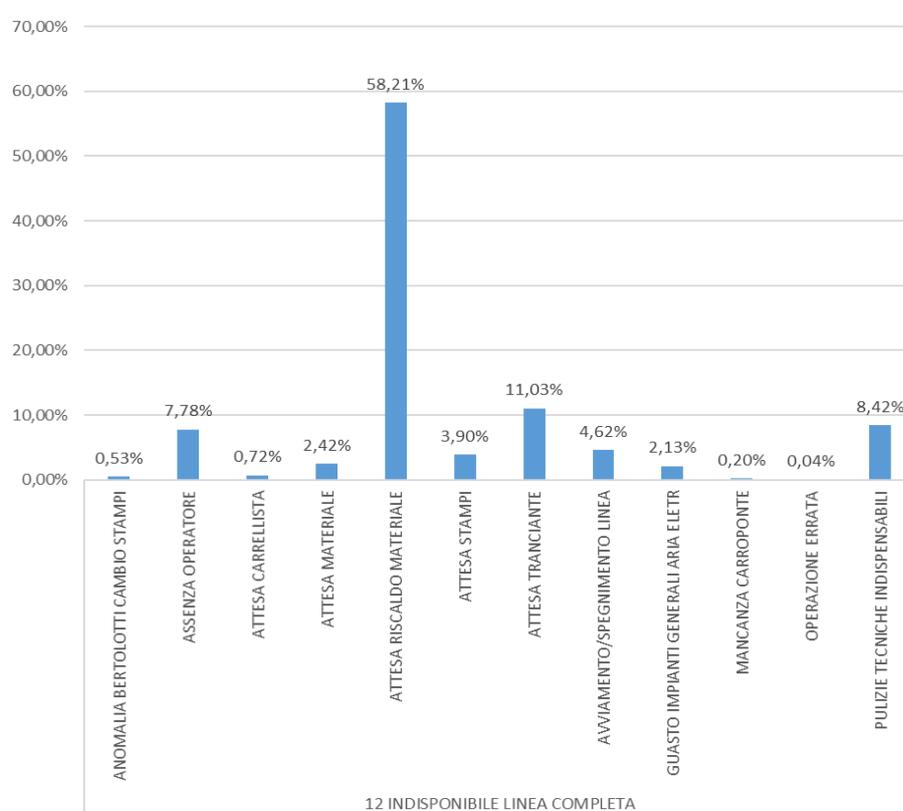


Grafico 4; sottocausali di 'INDISPONIBILE LINEA COMPLETA'

Sono stati quindi accorpati le soste dovute all'attesa riscaldo materiale alle soste effettive, ottenendo il seguente grafico (Grafico 5):

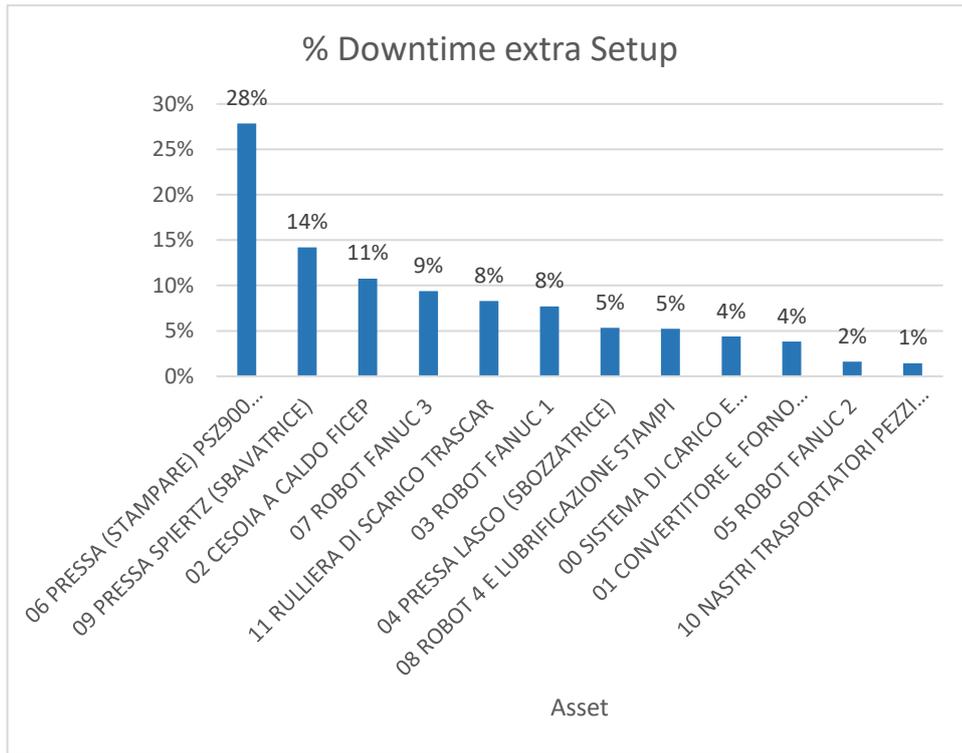


Grafico 5; Pareto degli asset della linea Midi

Il grafico sottostante riporta gli stessi risultati appena descritti ma in termini di n° di soste e di MTTR.

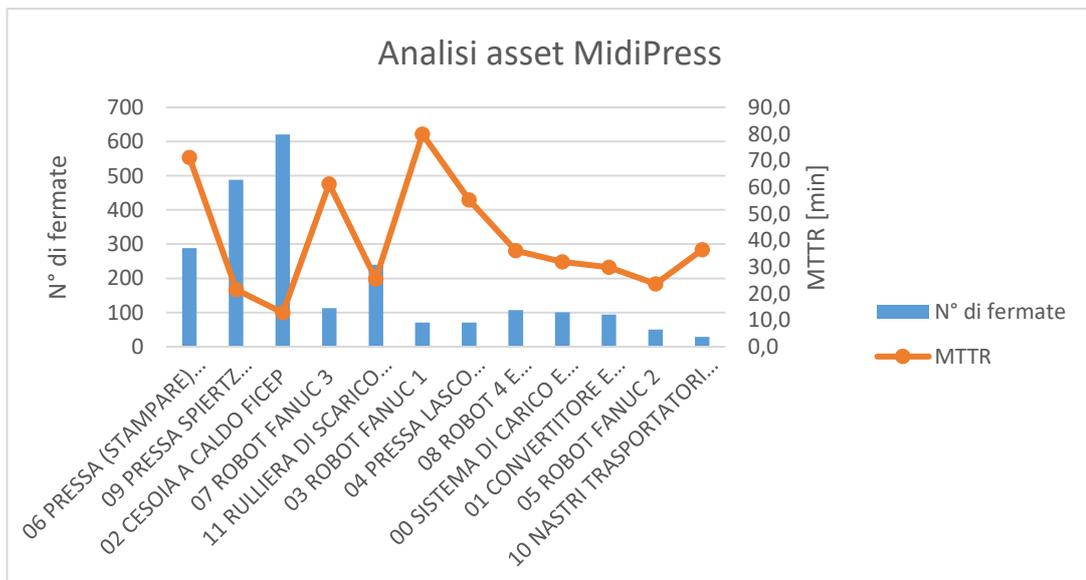


Grafico 6; MTTR e n° di fermate asset

È utile tener presente che questi dati vengono inseriti nell'archivio dagli operatori di linea e quindi non sempre si riesce ad avere una veridicità completa dei dati.

I dati finora evidenziati però rispecchiano effettivamente la realtà perché, come si può notare, è un'analisi che mira all'individuazione dell'asset generico che ha provocato lo stop della produzione, senza addentrarsi nella causa specifica.

L'analisi delle sottocausali invece risulta più critica per due aspetti principali:

- La mancanza di una tabella dettagliata per la selezione del guasto: le sottocausali di ogni asset sono spesso individuate dalle voci: guasto meccanico, guasto elettrico, guasto idraulico, etc. E' evidente che quindi non è possibile individuare il componente danneggiato.
- Sono spesso i manutentori che effettuano il ripristino di un componente guastato e non gli operatori di linea. Questo giustifica quindi la scelta da parte dell'amministrazione di non affidare agli operatori di linea una tabella troppo dettagliata.

È stato quindi necessario eseguire un'analisi più approfondita, estraendo i dati ricavati dagli ordini di lavoro dei manutentori, registrati nel software Infor (*paragrafo 4.2*).

5.2 Infor EAM

Un altro software presente in azienda è Infor EAM, un programma di tipo gestionale a disposizione soprattutto dal personale di manutenzione macchine, impianti generali e sicurezza/ambiente. Questo strumento permette di registrare, se utilizzato correttamente, tutte le procedure di manutenzione effettuate su una determinata linea. Si è pensato quindi che questo strumento potesse essere essenziale per implementare quelle informazioni degli interventi che soltanto con il Kienzle non era possibile fare.

Le principali problematiche però connesse all'utilizzo di Infor, che hanno impedito di sfruttarne a pieno le potenzialità sono:

- Errato utilizzo del software da parte dei capi del personale e manutentori: errori nella segnalazione del tipo di ordine di lavoro durante una manutenzione correttiva;

- Mancanze o genericità nei commenti sugli interventi manutentivi svolti e salvati nell'archivio informatico.

In tale situazione, la mancanza di politiche manutentive efficienti è più che giustificata: la carenza di dati storici registrati dai manutentori impedisce di conoscere il comportamento al guasto delle macchine e di sviluppare una politica manutentiva avanzata, obbligando perciò ad una poco efficiente gestione dei guasti tramite manutenzione correttiva (“a guasto”), nella quasi totalità dei casi.

Il primo passo da effettuare in questo caso è sicuramente il miglioramento della raccolta dei dati sul campo, con lo scopo fondamentale di chiarire il comportamento al guasto delle singole macchine, indispensabile per le politiche di manutenzione in ottica TPM.

5.2.1 Fase 1 - Analisi di criticità della linea

L'analisi di criticità della linea Midi serve ad individuare gli asset che necessitano di un'analisi dei parametri manutentivi per migliorarne l'efficienza e prende il nome di MCCE (*Multicriterion Classification of Critical Equipment*). La MCCE coniuga il pregio di avere tempi di applicazione contenuti con quello di una valutazione degli asset sotto aspetti diversi (è appunto multi-criterio). Per contro però, è influenzabile dalla soggettività del relatore ed è dunque necessario che chi la applica conosca a fondo gli oggetti dell'analisi e le conseguenze di un loro eventuale guasto. Questa tecnica consente quindi di verificare e chiarire, sotto diversi aspetti, ciò che è stato evidenziato precedentemente da Kienzle.

I criteri, in base ai quali sono state calcolate le criticità, sono 7 e sono stati scelti con lo scopo di descrivere al meglio il comportamento di ogni asset in riferimento a quattro fattori fondamentali: la produttività, la qualità, la manutenibilità e la sicurezza. Un'analisi di questo tipo consente quindi di racchiudere tutte le funzioni organizzative aziendali. Ad ogni voce è stato poi assegnato un peso, con un valore da 1 (meno rilevante) a 4 (molto rilevante), per indicare l'importanza del criterio dal punto di vista dell'azienda.

Le 7 voci di criticità e relativo peso sono riportati nella seguente tabella (*Tabella 4*).

N.	Voci di criticità (si assegna un punteggio da 1 a 5)	Peso
1	Tempo necessario per ripristinare il servizio di produzione dopo la manutenzione	1
2	Effetto del guasto sul servizio di produzione	4
3	N° di volte avvenute	4
4	Esistenza di macchine alternative	3
5	Qualità dei prodotti lavorati durante e dopo il guasto	2
6	Effetto su altri asset/impianti o propagazione del guasto	3
7	Effetto del guasto sugli operatori (operatori; manutentori, ditta esterna)	3

Tabella 4; le 7 voci di criticità

La voce n° 1 è riferita chiaramente al tempo di attesa del riscaldamento del materiale successivo ad un determinato guasto dell'asset. È quindi un dato proveniente dall'analisi Kienzle.

La voce n° 2 e n° 3 invece si riferiscono rispettivamente all'indice MTTR e al numero di volte in cui quel guasto si è verificato, ricavabile anch'esso dai dati kienzle.

Non vengono considerati i possibili rischi, in caso di guasto, verso gli operatori, poichè la sicurezza viene considerata come un obbligo in azienda e tutti gli asset sono dotati dei dispositivi necessari ad assegnare il minimo punteggio di criticità per tale voce.

La parte manuale del calcolo consiste nell'assegnare, per ogni asset, un punteggio da 1 (minima criticità) a 4 (massima) ad ognuna delle voci in analisi, calcolandone così il relativo indice di criticità:

$$I.C. = \frac{\sum(p_i \cdot v_i)}{5 \cdot \sum p_i} \cdot 100$$

dove per la voce *i-esima* (da 1 a 7), p_i rappresenta il peso e v_i rappresenta la valutazione data.

L' I.C. permette quindi di definire la classe di criticità, secondo la tabella seguente (Tabella 5):

	INDICE DI CRITICITA'	
	da	a
A	70	oltre
B	60	70
C	50	60
D	30	50
E	0	30

Tabella 5; le classi di criticità

Sono stati quindi analizzati i singoli asset e dopo aver definito i punteggi, è stata ottenuta la seguente classificazione:

ASSET	I.C.
02 CESOIA A CALDO FICEP	C
01 CONVERTITORE E FORNO INDUZIONE ELO THERM	C
03 ROBOT FANUC 1	C
04 PRESSA LASCO (SBOZZATRICE)	B
05 ROBOT FANUC 2	D
06 PRESSA (STAMPARE) PSZ900 WEINGARTEN	A
07 ROBOT FANUC 3	C
09 PRESSA SPIERTZ (SBAVATRICE)	B
08 ROBOT 4 E LUBRIFICAZIONE STAMPI	C
10 NASTRI TRASPORTATORI PEZZI STAMPATI	D
11 RULLIERA DI SCARICO TRASCAR	C

Tabella 6; classificazione degli asset secondo I.C.

5.2.2 Fase 2 - Scomposizione in livelli

Per ottenere un'analisi approfondita su come e dove si potessero manifestare i guasti, è stato necessario creare una scomposizione teorica di tutti gli asset della linea. Per ottenere una scomposizione che sia efficace e utile a tutti i livelli aziendali, è stato necessario intervistare e discutere con operatori e manutentori elettrici e meccanici. Questa scomposizione ha anche il secondo fine di preparare la struttura per l'installazione in azienda di un nuovo software che andrà a sostituire Infor: SAP-PM.

Si definisce "livello 0" quello che identifica la linea stessa: in questo caso si tratta della linea Midi, avente codice 0104. Definire un livello a partire dalla linea significa affermare che un guasto alla linea non ha conseguenze su altre strutture, come il reparto o altre linee.

"I livello" identifica invece ogni singolo asset, etichettato con un proprio numero di matricola. Il "II livello" è stato poi assegnato ai sistemi principali che compongono l'asset e dato che ad ogni sistema principale corrisponde una funzione principale, essi prendono il nome di *sistemi funzionali*.

Il “III livello” riguarda invece i tipi di impianto presente all’interno di una macchina e possono essere:

- Impianto elettrico
- Impianto idraulico
- Impianto di raffreddamento
- Impianto pneumatico
- Impianto di lubrificazione
- Struttura meccanica

La tabella sottostante è un esempio di scomposizione riguardante la cesoia Ficep:

Livello 0	I LIVELLO	II LIVELLO	III LIVELLO
MIDI	Impianto cesoiamento Ficep a caldo delle barre	Banco di carico/scarico	Impianto idraulico Impianto elettrico Lubrificazione Struttura meccanica
		Via rulli	Impianto idraulico Impianto elettrico Lubrificazione Struttura meccanica
		Cesoia	Impianto idraulico Impianto elettrico Lubrificazione Struttura meccanica

Tabella 7; esempio di scomposizione in livelli

Si è ottenuto quindi un modello ad albero rovesciato nel quale, seguendo i rami, è possibile individuare la parte della macchina soggetta a guasto.

5.2.3 Fase 3 – Analisi dei guasti

In questa fase verranno analizzati i singoli ordini di lavoro eseguiti durante l’anno fiscale 18/19, in modo tale da determinare in maniera più chiara quali siano le parti dell’asset che hanno subito più guasti in quel periodo.

Ogni odL infatti, porta con sé due tipi di informazioni: la descrizione del guasto fatta dal caporeparto, con la quale invia la richiesta di lavoro alla manutenzione, e i commenti veri e propri lasciati dal manutentore in seguito alla riparazione. Nella maggior parte dei casi ad essere trascurata è proprio la causa del guasto, che i manutentori tralasciano probabilmente perché poco informati sulla sua importanza.

La scarsa attenzione dei manutentori per la descrizione dei guasti, testimoniata dal risicato numero di ordini di lavoro svolti finora e dal ridotto numero di informazioni presenti in essi ha spinto a focalizzare l'analisi principalmente sul determinare quale 'impianto' del III livello ha provocato l'arresto della linea e conseguentemente capire quale parte dell'asset (II livello) ha creato problemi.

In tal modo il guasto viene localizzato fino al III livello, ma non vengono indicate informazioni sull'effettivo componente danneggiato; in compenso la raccolta dati avviene in maniera molto più agevole.

Di fronte a queste problematiche, si è ritenuto opportuno analizzare le linee solo dal punto di vista del numero di odL aperti, non pesandoli dunque sui down-time da essi generati, fatto che avrebbe reso l'analisi certamente più accurata. Vengono riportati di seguito due esempi:

Cesoia Ficep	Impianto idraulico	Impianto elettrico	Lubrificazione	Struttura meccanica
Banco di carico/scarico	0	4	0	0
Via rulli	0	14	3	2
Cesoia	10	2	3	28

Tabella 8; n° di odl della cesoia Ficep

La tabella evidenzia come la maggior parte degli ordini di lavoro provengano dal gruppo cesoia; in particolare, il problema principale riscontrato risulta essere quello di carattere meccanico a causa delle lame soggette spesso ad usura. Allo stesso modo, anche l'impianto elettrico della rulliera che permette l'avanzamento barre nel forno ha diversi interventi di manutenzione, a causa del mal funzionamento dei sensori lungo la via rulli. Una delle cause principali è il fatto che questi sensori sono esposti all'elevato calore emanato dal forno.

Rulliera di scarico Trascar	Lubrificazione	Impianto elettrico	Impianto pneumatico	Struttura meccanica
Rulliera	8	14	7	22
Gruppo elettrico principale	0	9	0	2
Struttura e carpenteria	0	0	0	2

Tabella 9; n° di odl della rulliera di scarico Trascar

Analizzando ora la tabella riassuntiva degli ordini di lavoro riguardanti la rulliera di scarico dei cassoni (Trascar), è chiaro che la causa principale di intervento dei manutentori sia la rulliera motorizzata di avanzamento cassoni dei pezzi finiti. In particolare, si registrano numerosi interventi per ripristinare l'impianto elettrico e la struttura meccanica.

Da questi due esempi, si intuisce chiaramente come l'analisi rimanga superficiale in quanto non vengono evidenziati effettivamente quali siano i componenti che creano problemi. Per questo motivo, le interviste ai manutentori e agli operatori di linea sono risultati fondamentali. In sintesi, si può affermare che, nonostante tutte le problematiche riscontrate nella raccolta dati provenienti dagli storici disponibili in azienda, è stato possibile comunque evidenziare in maniera quasi certa quali siano gli asset più critici.

La situazione aziendale attuale non permette però di mettere in atto manutenzioni preventive efficaci. In ottica TPM, è possibile comunque ragionare su modifiche o miglioramenti di breve o medio/lungo termine che potranno portare a riduzioni delle soste di alcuni degli asset della linea. Questi verranno descritti nei seguenti capitoli.

6 Il piano '5S'

Il visual management è un linguaggio universale grazie al quale si può capire a vista d'occhio ciò che sta avvenendo in un determinato processo. Si basa sulla piena conoscenza di un intero processo produttivo, dai metodi alla collocazione dei singoli oggetti nella zona di lavoro.

Una metodologia che si basa sulle tecniche di visual management è denominata '5S'.

Come detto precedentemente, questa tecnica è il punto di partenza per l'implementazione della manutenzione produttiva totale e consiste nel mettere in ordine il posto di lavoro.

Il metodo permette di migliorare sia la qualità che la sicurezza del lavoro e contemporaneamente aumentare la produttività.

6.1 Le criticità As-Is

La metodologia '5S' è stata implementata sulla linea Midi, la quale presentava notevoli carenze di pulizia e ordine. In particolare ci si è concentrati sul banco di lavoro, sull'attrezzatura presenti a bordo macchina e sullo stato di conservazione delle macchine della linea.



Figura 47; banco di lavoro e cassettiere per le attrezzature

Di seguito, vengono riassunti i principali motivi per cui si è deciso di applicare il '5S' su questa linea:

- Mancanza di pulizia e ordine di alcune macchine: un esempio lampante è la rulliera di scarico Trascar dove si è notato un quantitativo di scoria e di cartellini bruciati sotto la via rulli.



Figura 48; scorie e residui sotto la rulliera Trascar

- Disordine sul banco di lavoro e nelle cassettiere adiacenti: grande confusione nei cassetti sottostanti all'interno del quale vi sono strumenti di utilizzo quotidiano.



Figura 49; banco di lavoro



Figura 50; disordine nelle cassettiere

- Presenza di strumenti obsoleti e di cui gli operatori non ne riconoscono un reale utilizzo: la mancanza di zone in cui si potessero depositare gli strumenti usurati o non più utilizzati ha fatto sì che gli operatori non li tenessero separati da quelli di ordinario utilizzo.



Figura 51; presenza di oggetti obsoleti e poco utilizzati

- Mancanza di standard per la corretta separazione delle chiavette nelle varie misure. Le varie dimensioni differiscono in base al grado di rifasamento tra stampo inferiore e superiore.



Figura 52; chiavette per il rifasamento degli stampi

- Mal posizionamento degli attrezzi dedicati alle singole macchine e una poco esaustiva documentazione tecnica riguardo le procedure di ispezione e manutenzione degli asset.



Figura 53; documentazione tecnica e di manutenzione

La decisione di iniziare questo progetto '5S' su questa linea ha portato a determinare una checklist con la quale veniva monitorata l'implementazione di questa tecnica e le migliorie apportate. Attraverso delle domande mirate sull'effettivo stato della linea, si è deciso di attribuire un punteggio da 1 a 5 alle varie voci, determinando quindi un punteggio che rappresenta un valore percentuale del massimo totale ottenibile (attribuendo cioè 5 punti ad ogni voce).

La tabella di riferimento è la seguente:

5S Checklist		Legenda		
		0		Non esistente
		1		Molto scarso
		2		Scarso
		3		Medio
		4		Buono
		5		Molto buono

	Criteria e descrizione	Rating	Goal	Comments
S1	Selezionare - SEIRI			
1	Sono presenti solo oggetti, macchine, attrezzature, materiali, contenitori etc necessari all'attività da eseguire?	1	5	Grande presenza di attrezzi inutili
2	Per gli oggetti necessari esiste una collocazione standardizzata ed essi si trovano in quella posizione?	2	5	Oggetti vengono spesso messi nei cassetti dello stesso armadietto
S2	Sistemare - SEITON			
3	Esiste un criterio di delimitazione ed identificazione delle aree, dei corridoi, delle vie di fuga, delle uscite di sicurezza? Questi sono tenuti sgombri?	4	4	Segnaletica orizzontale presente e sicurezza ben impostata
4	Il materiale (a distinta o di consumo) presente è correttamente disposto ed identificato?	2	5	Mancanza di etichette
5	Ci sono sostanze soggette a regole di conservazione o segregazione particolari? Sono allocate in aree/contenitori accessibili solo in modo regolamentato (a norma di legge e di procedure interne di sicurezza)?	0	0	Non esistente
6	I materiali non conformi o obsoleti sono chiaramente evidenziati? Esiste un'area predefinita per lo stoccaggio?	1	3	Oggetti obsoleti e non, disposti negli stessi cassetti
7	I materiali e le attrezzature per la pulizia sono correttamente identificati, allocati e facilmente reperibili?	2	5	Materiale presente ma non ben allocato
8	L'area di lavoro è correttamente illuminata e contrassegnata incluso le uscite di emergenza?	5	5	Sicurezza ben definita
9	Ci sono documenti (o contenitori) da sostituire perché usurati o obsoleti? Mancano visualizzazioni necessarie?	2	4	Documentazione rovinata e sporca
10	Lo stato di conservazione delle macchine, attrezzature, banchi di lavoro, utensili etc. è buono?	2	4	Attrezzature e utensili hanno condizione discreta ma la pulizia delle macchine è spesso trascurata
11	I contenitori per i materiali di scarto sono posizionati correttamente e identificati per la raccolta differenziata?	2	4	Attrezzatura di scarto non si sa dove metterla.. Scorie e detriti hanno appositi contenitori
12	L'abbigliamento del personale è conforme alle procedure ed agli standard previsti per l'area?	5	5	Condizioni ottimali
S3	Pulire - SEISO			
13	Le superfici di lavoro e di transito sono pulite (no residui di lavorazione, polvere, rifiuti, etc)?	2	4	Estrema sporcizia di scorie e cartellini bruciati
14	I contenitori per i materiali di scarto sono gestiti con regolarità (svuotamento ad orari fissi o secondo livello di riempimento)?	2	4	Cassoni presenti e gestiti con i muletti ma non a tempo costante
15	Armadietti, scaffali, contenitori vari sono gestiti diligentemente (no materiali, attrezzi messi alla rinfusa)?	1	5	Da riordinare completamente
S4	Standardizzare - SEIKETSU			
16	Le postazioni e le attrezzature di lavoro hanno tutte chiare istruzioni operative? Sono esse standardizzate e visualizzate con evidenza?	2	3	Discrete istruzioni operative e raccoglitori
17	Il personale è formato? Dispone 'a vista' o comunque con modalità di facile e veloce accesso a tutta la documentazione operativa?	3	4	Bolle di manodopera e dei codici da lavorare
18	Quanto sopra, è vero anche per gli aspetti del 5S: pulizia e ordine?	2	5	Ordinare agli operatori che devono sempre pulire
19	Il personale ha chiaramente visione degli obiettivi e degli indicatori di performance correnti?	1	5	Mancanza tabellone
20	Il livello di applicazione del 5S è misurato ed il personale ne conosce il target e lo stato attuale?	1	5	Mancanza indicazione percentuale 5S
21	Ci sono postazioni che svolgono la stessa attività ma sono attrezzate o documentate?	0	0	Non esistente
S5	Sostenere - SHITSUKE			
22	Il personale è formato e coinvolto a sufficienza ed i responsabili valutano e danno feedback con regolarità?	1	4	Mancanza di coinvolgimento
23	Esiste una pianificazione di audits periodici? Quanto è rispettata?	1	4	Non vengono organizzate riunioni
24	Le azioni migliorative vengono chiuse con tempestività?	1	3	Scarsa focalizzazione sull'obiettivo
		45,0	95,0	
		41%	86%	

Tabella 10; checklist '5S'

Dall'analisi delle singole voci è emerso quindi che la situazione iniziale porti ad un punteggio (45 punti) pari al 41% del punteggio massimo ottenibile (110 punti) e si è pensato che l'implementazione di questa tecnica possa portare al raggiungimento di 95 punti, cioè l'86%.

6.2 Implementazione '5S'

Nella prima fase del '5S', si è deciso di parlare con gli operatori di linea affinché spiegassero quali fossero gli strumenti che vengono effettivamente utilizzati: è stato chiesto infatti quali attrezzi utilizzassero per la manutenzione/riparazione dei vari asset o per l'attrezzaggio e la preparazione degli stampi da inserire in macchina. L'intervista a ciascun operatore ha evidenziato però che questi non sempre erano concordi sugli strumenti necessari per una determinata attività, perciò si è deciso di raccogliere le affermazioni di ogni singolo operatore e prenderne le conseguenti decisioni.

Successivamente è stato analizzato il banco di lavoro e le cassettiere adiacenti per capire se gli strumenti fossero fisicamente presenti. Una volta individuati, questi sono stati separati da quelli non utilizzati o in cattivo stato.

Un'altra importante novità introdotta sulla linea è stata l'installazione di una lavagna sulla quale vengono esposti grafici relativi ai principali indicatori di performance utilizzati dall'azienda; questa attività è stata fatta però solo a seguito di una assemblea fatta dal capo area con tutti i dipendenti del reparto nella quale veniva spiegata la situazione attuale e quali parametri vengono calcolati dal personale d'ufficio al fine di monitorare la produttività delle linee.

In particolare, i grafici esposti riguardano i parametri relativi alla linea e di primario interesse per l'amministrazione; questi sono:

- Andamento mensile OEE;
- Consumo energetico in termini di kWh/pz;
- Indice di frequenza e n° di infortuni/mancati infortuni avvenuti su questa linea;
- Qualità e n° di pezzi non conformi e quindi scartati;
- Foglio TPM: è il foglio su cui gli operatori di linea annotano eventuali problematiche riscontrate (la sua utilità verrà descritta nei capitoli successivi).

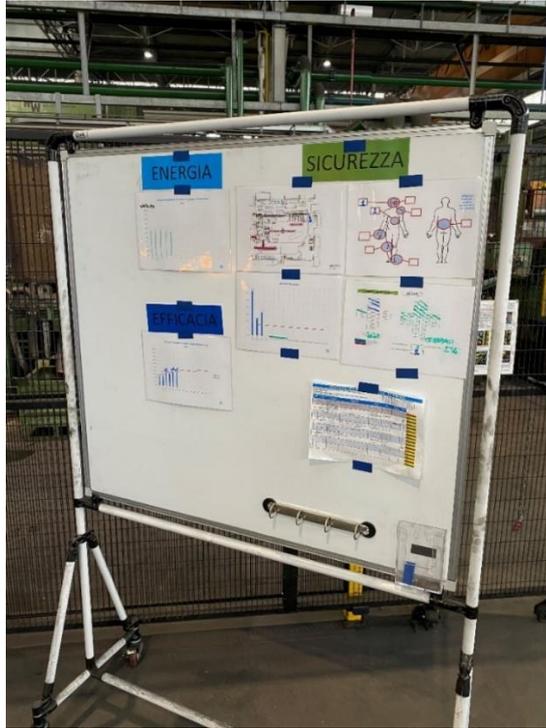


Figura 54; lavagna di linea

Dopo la prima settimana di attività, si è fatto un notevole passo avanti raggiungendo il 51% per un totale di 56 punti.

Nella settimana 2 è stata ottimizzata quasi completamente la prima parte del '5S' ('Selezionare' – S1). Sono stati smaltiti tutti gli strumenti inutili o obsoleti ed è stata riorganizzata la disposizione degli attrezzi nei vari cassette: ogni cassetto e i contenitori kanban sono stati poi dotati di relative etichette.

In particolare, le cassette kanban sono state utilizzate per il riordino delle chiavette necessarie al rifasamento mentre le chiavi combinate, brugole e gli altri attrezzi (martelli, cacciaviti etc) sono stati ridisposti nei vari cassette, non avendo trovato ancora la loro disposizione ottimale. La nuova disposizione è stata definita insieme agli operatori di linea, ottenendo così un loro maggior coinvolgimento nel progetto. L'installazione sulla lavagna del grafico (*Grafico 7*) relativo all'andamento (%) di questo progetto ha fatto sì che gli operatori fossero consapevoli dello stato di avanzamento delle attività. Anche in termini di pulizia, sul banco di lavoro e nelle scaffalature si è ottenuto un miglioramento: gli operatori depositavano sempre gli attrezzi nel loro cassetto senza lasciare oggetti sparsi. Analogamente la zona della rulliera di scarico Trascar è stata pulita da tutto il residuo dovuto alla lavorazione.



Figura 55; pulizia sotto la rulliera Trascar

I miglioramenti apportati in queste prime due settimane hanno impattato molto positivamente sull'andamento del punteggio, arrivando fino a 69 punti cioè il 63%, come dimostrato nella tabella sottostante.

5S Checklist		Legenda		
		0		Non esistente
		1		Molto scarso
		2		Scarso
		3		Medio
		4		Buono
		5		Molto buono

	Criteri e descrizione	Rating	Goal	Comments
S1	Selezionare - SEIRI			
1	Sono presenti solo oggetti, macchine, attrezzature, materiali, contenitori etc necessari all'attività da eseguire?	5	5	Materiali inutili sono stati scartati
2	Per gli oggetti necessari esiste una collocazione standardizzata ed essi si trovano in quella posizione?	4	5	Creazione di cassette kanban e ordine quasi completo dei cassetti e messo pannello
S2	Sistemare - SEITON			
3	Esiste un criterio di delimitazione ed identificazione delle aree, dei corridoi, delle vie di fuga, delle uscite di sicurezza? Questi sono tenuti sgombri?	4	4	Segnaletica orizzontale presente e sicurezza ben impostata
4	Il materiale (a distinta o di consumo) presente è correttamente disposto ed identificato?	5	5	Etichette
5	Ci sono sostanze soggette a regole di conservazione o segregazione particolari? Sono allocate in aree/contenitori accessibili solo in modo regolamentato (a norma di legge e di procedure interne di sicurezza)?	0	0	Non esistente
6	I materiali non conformi o obsoleti sono chiaramente evidenziati? Esiste un'area predefinita per lo stoccaggio?	1	3	Oggetti obsoleti e non, disposti negli stessi cassetti
7	I materiali e le attrezzature per la pulizia sono correttamente identificati, allocati e facilmente reperibili?	5	5	Materiale presente ma non ben allocato
8	L'area di lavoro è correttamente illuminata e contrassegnata incluso le uscite di emergenza?	5	5	Sicurezza ben definita
9	Ci sono documenti (o contenitori) da sostituire perché usurati o obsoleti? Mancano visualizzazioni necessarie?	3	4	Documentazione presente messa in ordine ma incompleta
10	Lo stato di conservazione delle macchine, attrezzature, banchi di lavoro, utensili etc. è buono?	3	4	Banco di lavoro quasi sempre in ordine
11	I contenitori per i materiali di scarto sono posizionati correttamente e identificati per la raccolta differenziata?	2	4	Attrezzatura di scarto non si sa dove metterla.. Scorie e detriti hanno appositi contenitori
12	L'abbigliamento del personale è conforme alle procedure ed agli standard previsti per l'area?	5	5	Condizioni ottimali
S3	Pulire - SEISO			
13	Le superfici di lavoro e di transito sono pulite (no residui di lavorazione, polvere, rifiuti, etc)?	2	4	Estrema sporcizia di scorie e cartellini bruciati
14	I contenitori per i materiali di scarto sono gestiti con regolarità (svuotamento ad orari fissi o secondo livello di riempimento)?	2	4	Cassoni presenti e gestiti con i muletti
15	Armadietti, scaffali, contenitori vari sono gestiti diligentemente (no materiali, attrezzi messi alla rinfusa)?	4	5	La creazione di kanban e cassette ha evitato che operatori depositassero dove volevano
S4	Standardizzare - SEIKETSU			
16	Le postazioni e le attrezzature di lavoro hanno tutte chiare istruzioni operative? Sono esse standardizzate e visualizzate con evidenza?	2	3	Devono essere messi checklist di automan
17	Il personale è formato? Dispone 'a vista' o comunque con modalità di facile e veloce accesso a tutta la documentazione operativa?	3	4	Foglio fatto all'inizio.. Colore sbiadito
18	Quanto sopra, è vero anche per gli aspetti del 5S: pulizia e ordine?	3	5	Operatori iniziano a capire metodo 5S
19	Il personale ha chiaramente visione degli obiettivi e degli indicatori di performance correnti?	5	5	Inserimento tabellone
20	Il livello di applicazione del 5S è misurato ed il personale ne conosce il target e lo stato attuale?	2	5	Spiegazione agli operatori e grafico andamento su excel
21	Ci sono postazioni che svolgono la stessa attività ma sono attrezzate o documentate?	0	0	Non esistente
S5	Sostenere - SHITSUKE			
22	Il personale è formato e coinvolto a sufficienza ed i responsabili valutano e danno feedback con regolarità?	2	4	Inizio al coinvolgimento
23	Esiste una pianificazione di audits periodici? Quanto è rispettata?	1	4	Riunioni
24	Le azioni migliorative vengono chiuse con tempestività?	1	3	Operatori capiscono metodo ma si dimenticano infra settimana di continuarlo
		69,0	95,0	
		63%	86%	

Tabella 11; checklist '5S' e relativi miglioramenti

Alla fine della terza settimana si sono riscontrati dei peggioramenti perché gli operatori di linea non rispettavano più gli standard imposti da questo progetto. Seppur la postazione di lavoro fosse in ordine, i problemi sono stati riscontrati nei vari cassetti dove gli attrezzi, quali brugole, chiavi etc non erano più disposte in ordine.



Figura 56; cassetti in disordine

Per questo motivo si è deciso di installare un pannello a bordo di linea su cui vengono disposti in ordine tutti gli strumenti di uso generico, eliminando quindi una delle due cassette, come mostrato in Figura 58. Questo ha portato nuovamente ad un incremento del punteggio, nonché un guadagno in termini di spazio.

Nelle restanti settimane quindi l'obiettivo principale è stato standardizzare ciò che era stato predisposto nelle settimane precedenti: il rischio era quello di tornare alle condizioni di partenza. Ne è un esempio l'accumulo di scoria sotto la rulliera Trascar dopo circa 3 settimane dall'ultima pulizia.

Come ultimo punto di questo progetto, in termini di 'Sostenere' - (S5), è stato necessario l'addestramento e la formazione degli operatori alle nuove procedure in modo da radicare questa mentalità. Sono stati pianificati audit periodici settimanali, nei quali è stato monitorato l'avanzamento delle attività e l'evoluzione del progetto.

Di seguito vengono riportate e descritte brevemente le principali migliorie apportate:



Figura 57; chivette per il rifasamento



Figura 58; inserimento pannello attrezzi



Figura 59; esempio di pulizia degli asset

Il processo di implementazione '5S' è stato portato avanti, durante il periodo di stage, con piccoli miglioramenti continui eccetto durante la terza settimana; il punteggio è stato monitorato con cadenza settimanale e, come si può notare dal seguente grafico, si è raggiunto un punteggio notevole anche se non secondo gli obiettivi prefissati. Questo è dovuto principalmente al fatto che non è stato possibile verificare che effettivamente gli audit venissero rispettati costantemente e che il progetto venisse portato avanti dai responsabili di reparto ('Sostenere' – S5). L'andamento del punteggio è descritto dal seguente grafico.

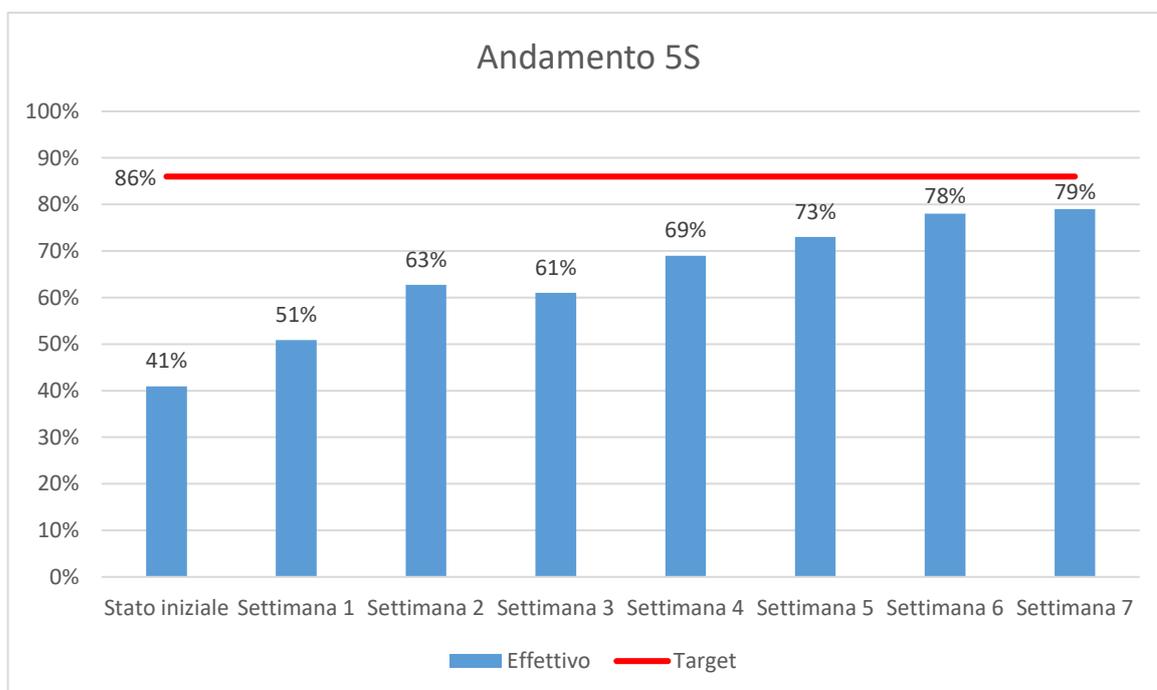


Grafico 7; andamento punteggio '5S'

La figura sottostante rappresenta il punto d'arrivo di questo progetto:



Figura 60; situazione finale

7 Manutenzione autonoma

La manutenzione autonoma è uno dei pilastri più rappresentativi del TPM ed innovativi dal punto di vista della manutenzione. Si basa sul concetto che i migliori conoscitori delle linee produttive sono proprio coloro che lavorano quotidianamente sulla linea stessa, cioè gli operatori. Questi sono gli unici conoscitori della complessità dei processi e sono consapevoli, più di chiunque altro, delle problematiche delle macchine e dei guasti ai quali esse sono affette maggiormente.

Questo tipo di manutenzione è quindi quella eseguita direttamente dagli operatori di linea, i quali, dopo una specifica attività di formazione, mirano a mantenere gli impianti in condizioni di base, prevenendo il deterioramento.

I principali motivi per cui si è ritenuto importante iniziare questo tipo di manutenzione sulla linea Midi sono:

- Mancanza di pulizia;
- Soste della linea per esaurimento lubrificante o olio durante il FY 18/19;
- Operatori eseguivano alcune attività di manutenzione senza una reale programmazione.

Una corretta attività di automanutenzione si traduce quindi in una serie di attività che gli operatori devono svolgere a cadenza costante, prendendosi cura di ogni singola macchina.

Queste sono riassumibili nei seguenti punti:

- Pulizia delle macchine per evidenziare usure o eventuali danneggiamenti visibili a colpo d'occhio;
- Lubrificazione e rabbocco dei punti di ingrassaggio;
- Controllo delle regolazioni e dei serraggi;
- Prevenzione del degrado, prendendo contromisure preventive.

Le interviste agli operatori hanno evidenziato di non essere stati adeguatamente formati per eseguire le attività di rabbocco e ingrassaggio e che, in quanto operatori di linea, non dovrebbero essere i diretti responsabili delle suddette attività.

Queste motivazioni sono state le premesse ideali per definire un calendario di attività di formazione degli operatori; questo tipo di attività ha permesso ai membri del team TPM di spiegare i passi seguiti attraverso questa metodologia, partendo quindi da una semplice riorganizzazione del banco di lavoro (tecnica '5S'), per arrivare a miglioramenti della linea di breve o medio/lungo termine.

A ciò, fa seguito la creazione delle checklist delle attività da svolgere sulla linea. In questo modo si pensa di poter ottenere un corretto equilibrio tra le attività svolte dagli operatori della linea (Produzione) e quelle svolte dal personale indiretto (Manutenzione).

7.1 Implementazione della Manutenzione Autonoma

Gli step seguiti per l'implementazione di questo pilastro TPM sono:

1. Calendarizzazione delle attività di formazione degli operatori: riunioni o semplici discussioni con gli operatori di linea affinché capissero gli obiettivi del TPM, anche in ottica '5S';
2. Ispezione tramite pulizia: eliminazione completa di sporco e macchie, soprattutto sulle parti principali degli impianti e serraggi;
3. Definizione degli standard di ispezione: attività di ispezione generale per evidenziare eventuali imperfezioni o necessità di rabbocchi di lubrificante (*Tabella 12*);
4. Compilazione delle checklist (*Figura 66*): elaborazione e applicazione degli standard di controllo e ispezione;
5. Mantenimento degli standard applicati;
6. Gestione autonoma: analisi dei dati ricavati ed eventuali piani o attività di miglioramento.

Il primo passo è stato dunque quello di organizzare attività di formazione periodiche di 30 minuti ogni settimana, per la durata di 3 mesi, in modo tale da poter assicurare la corretta formazione agli operatori di tutti i turni. È stato preparato un modulo precompilato per il registro dell'attività, come mostrato nella figura sottostante (*Figura 61*):

Registro Attività di Formazione A Company of
thyssenkrupp Group 

Informazioni: Attività di Formazione

Titolo Corso: 30 MIN di Automanutenzione
Categoria corso: MANUTENZIONE
Docente:
Data: **Orario:** **Dalle** **Alle**
Luogo: HF2
Argomenti svolti: procedure di manutenzione autonoma

Nr.	Nome partecipante	Cod. Dip.	Ora	Firma Entrata	Ora	Firma Uscita
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Figura 61; modulo per le attività di formazione

In questo modo vengono registrati tutti gli operatori a cui viene fatta formazione. Parallelamente sono state definite le attività di manutenzione autonoma: è stata creata una checklist in cui venissero evidenziate tutte le piccole attività di manutenzione eseguibili dagli operatori, durante il loro turno lavorativo. Le attività sono state definite in base a:

- Manuali delle singole macchine;
- Consigli dei capo reparto e degli operatori;
- Osservazione diretta della linea e delle singole macchine.

Queste attività sono riassumibili dall'acronimo 'PIR', come mostrato nella figura seguente:

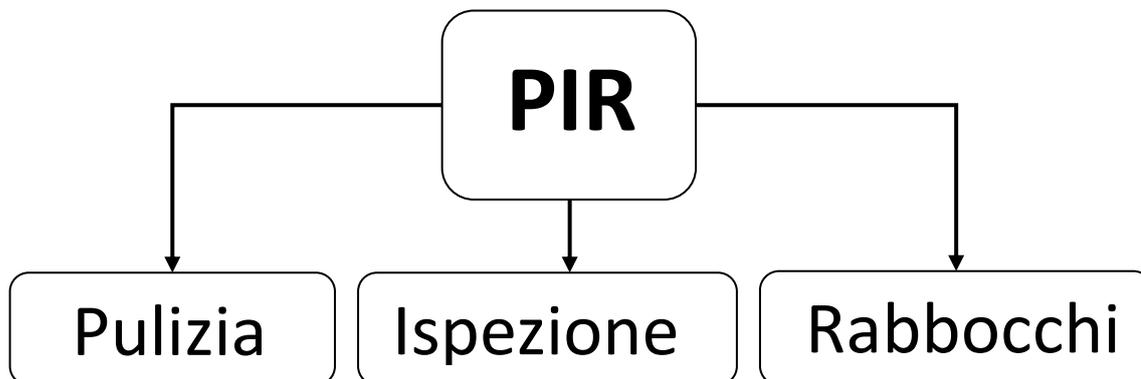


Figura 62; 'PIR'

È importante far notare come siano state inserite in lista anche tutte quelle operazioni di pulizia analizzate in precedenza nell'implementazione della tecnica '5S', facendo in modo che non si ritorni alla condizione di partenza ma si mantenga nel tempo lo standard raggiunto.

Descrizione operazione	Punto di manutenzione	Frequenza
Pulizia e ordine banco di lavoro	Banco di lavoro	Ogni fine turno
Pulizia zona di stampaggio	Pressa a vite, Lasco e Spiertz	Set-up
Controllo integrità carpenteria di sicurezza	Tutta la linea	Set-up
Pulizia rulliera di scarico Trascar	Rulliera Trascar	Settimanale
Ispezione dei punti di rabbocco	Vedi 'mappa dei rabbocchi'	Set-up
Pulizia e ispezione Robot Fanuc	Robot	Giornaliera
Rimozione scorie forno di riscaldamento	Forno Elotherm	Set-up

Tabella 12; checklist di automanutenzione

Le informazioni inserite sono le seguenti:

- Punto di manutenzione: identifica su quale macchina all'interno della linea deve essere eseguito l'intervento;
- Frequenza: indica ogni quanto tempo va effettuato l'intervento.

Una menzione va fatta per le attività di ispezione (evidenziate in giallo in Tabella 12): è stata definita una checklist di ispezione nei vari punti in cui, se necessario, va effettuato il rabbocco di olio o grasso. La frequenza con cui deve essere svolta l'ispezione è ad ogni set-up per

effettuare eventuali rabbocchi o eventualmente individuare perdite, prima di iniziare la produzione. Uno degli aspetti fondamentali è stata la suddivisione delle attività, a seconda che vengano eseguite dai manutentori (Manutenzione) o dagli operatori di linea (Produzione). L'importanza di questo tipo di automanutenzione è dovuta al fatto che nel registro delle causali Kienzle, è presente 'ANOMALIA LUBRIFICAZIONE' e che potenzialmente potrebbe essere evitata con una pianificazione ottimale dell'attività. Infatti questa fermata è causata principalmente per due motivi:

- Esaurimento dell'olio/grasso;
- Rotture e perdite di olio/grasso dalle canaline di asservimento delle macchine.

ISPEZIONE DEI PUNTI DI INGRASSAGGIO E LUBRIFICAZIONE			
Macchina	Posizione	Olio/Grasso	Eseguibile da:
Banco di carico	Centralina banco di carico	Olio OSO 68	Produzione
	Ingrassatori leverismi banco	Grasso Renolit	Manutenzione
	Ingrassatori rulli	Grasso Renolit	Manutenzione
Cesoia Ficep	Centralina cesoia	Olio ARNICA S 46	Produzione
	Pompa grasso guide	Grasso MSX 2	Produzione
Pressa Lasco	Centralina pressa	Olio OSO 46	Manutenzione
	Pompa olio lubr guide	Olio BLASIA 220	Produzione
	Centralina sollevamento stampi	Olio OSO 46	Produzione
Pressa Spiertz	Centralina espulsori	Olio OSO 46	Produzione
	Centralina lubr guide	Olio ACER 150	Manutenzione
Pressa a vite	Pompa grasso guide	Grasso Grafloscon	Produzione
	Centralina espulsori	Olio OSO 46	Produzione
	Centralina madrevite	Olio ZX 15	Produzione
	Centralina sollevamento stampi	Olio OSO 68	Produzione
	Pompa grasso corona	Grasso AR 1 Synthex	Produzione
Robot Fanuc	Riduttori assi J1, J2, J3	Kyodo yushi VIGOGREASE RE 0	Manutenzione
	Polso 1	Kyodo yushi VIGOGREASE RE 0	Manutenzione
	Polso 2	Kyodo yushi VIGOGREASE RE 0	Manutenzione
Rulliera Trascar	Cinghie motorizzate	Olio ZX 15	Produzione

Tabella 13; manuale di ispezione

A questa tabella è stata allegata la 'mappa dei rabbocchi', attraverso cui vengono individuati i punti di ispezione sul layout della linea, facilitando e velocizzando così questa attività.

Mapa dei Rabbocchi - MIDI PRESSA - 1

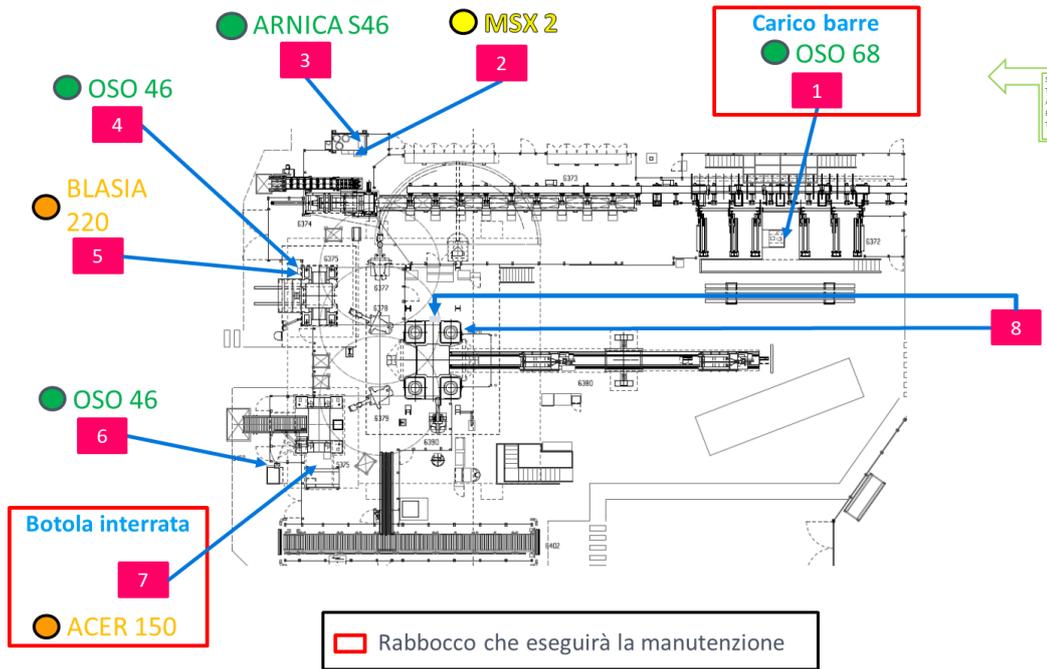


Figura 63; mapa dei rabbocchi (1)

Mapa dei rabbocchi - Linea Midi - 2

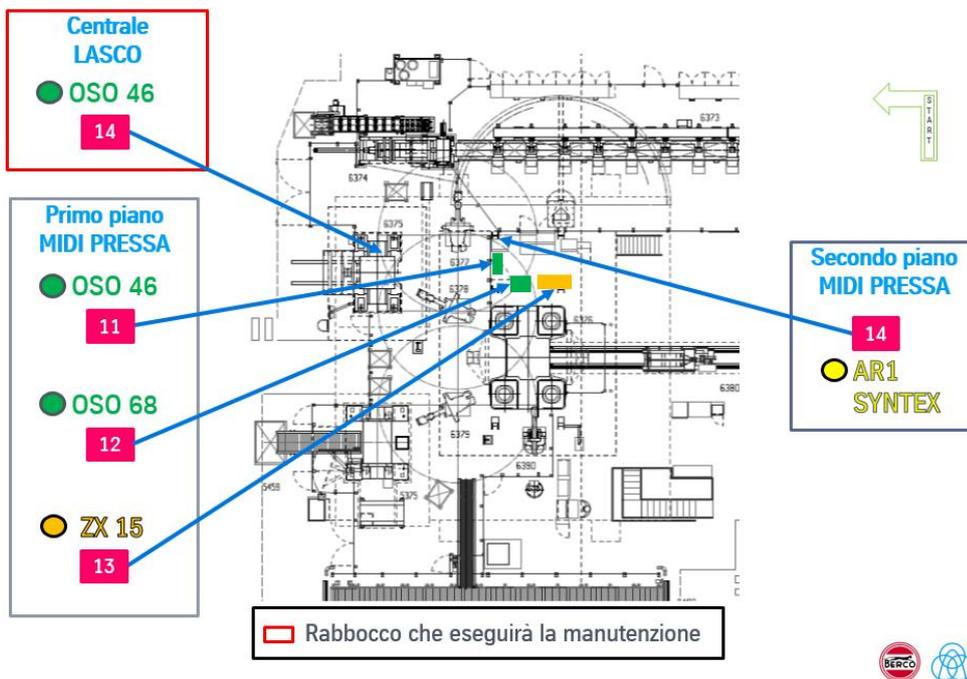


Figura 64; mapa dei rabbocchi (2)



Dopo aver definito le istruzioni di base per effettuare una corretta ispezione di tutti i punti di rabbocco, è stata definita una tabella compilabile dagli operatori in modo tale da tenere monitorata la frequenza con cui questi effettuavano le attività sopraelencate. In questo modo sarà possibile verificare che gli operatori effettuino l'ispezione e stabilire in maniera ottimale le frequenze di rabbocco, inserendo queste attività in futuri piani di manutenzione preventiva. La tabella compilabile dagli operatori di linea è la seguente:

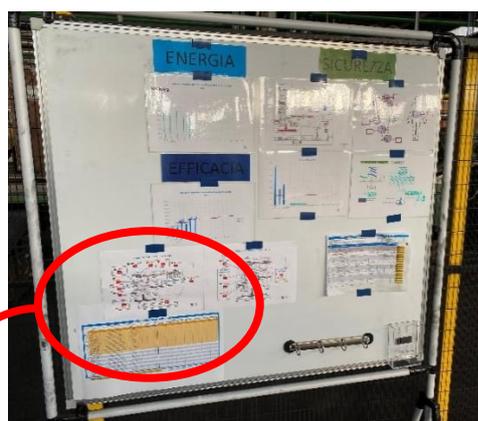


Figura 65; lavagna di linea

AREA	PLANNING ATTIVITA' ATTIVITA'	MIDI PRESSA				CALENDARIO ATTIVITA' AUTONOME - RABBOCCHI						
		Tipologia	N° ATTIVITA'	TEMPO REALIZZATO (min)	RESPONSABILE	Settimana dal / al /						
						Lunedì	Martedì	Mercoledì	Giovedì	Venerdì	Sabato	Domenica
	FERMO CAUSA											
Punto Lub 1	Centralina banco di carico	OSO 68	1									
Punto Lub 4	Centralina cesoia Ficep	ARNICA 5 46	2									
Punto Lub 3	Pompa grasso guide cesoia Ficep	Grasso MSX 2	3									
Punto Lub 6	Pompa olio lubr. guide Lasco	BLASIA 220	4									
Punto Lub 5	Centralina sollevamento stampi Lasco	OSO 46	5									
Punto Lub 8	Centralina espulsori Spiertz	OSO 46	6									
Punto Lub 10	Pompa grasso guide pressa Weingarten	Grafoscon	7									
Punto Lub 11	Centralina espulsori pressa Weingarten	OSO 46	8									
Punto Lub 13	Centralina madrevite pressa Weingarten	ZX 15	9									
Punto Lub 12	Centralina sollevamento stampi pressa Weingarten	OSO 68	10									
Punto Lub 14	Pompa grasso corona pressa Weingarten	AR 1 Synthex	11									
Punto Lub 15	Cinghie motorizzate rulliera Trascar	ZX 15	12									
Punto Lub 1	Centralina banco di carico	OSO 68	1									
Punto Lub 4	Centralina cesoia Ficep	ARNICA 5 46	2									
Punto Lub 3	Pompa grasso guide cesoia Ficep	Grasso MSX 2	3									
Punto Lub 6	Pompa olio lubr. guide Lasco	BLASIA 220	4									
Punto Lub 5	Centralina sollevamento stampi Lasco	OSO 46	5									
Punto Lub 8	Centralina espulsori Spiertz	OSO 46	6									
Punto Lub 10	Pompa grasso guide pressa Weingarten	Grafoscon	7									
Punto Lub 11	Centralina espulsori pressa Weingarten	OSO 46	8									
Punto Lub 13	Centralina madrevite pressa Weingarten	ZX 15	9									
Punto Lub 12	Centralina sollevamento stampi pressa Weingarten	OSO 68	10									
Punto Lub 14	Pompa grasso corona pressa Weingarten	AR 1 Synthex	11									
Punto Lub 15	Cinghie motorizzate rulliera Trascar	ZX 15	12									

Inserire GG/SS/AA e una x nella casella dell'attività effettuata

OBBLIGATORIO ESEGUIRE ENTRO LA GIORNATA

Figura 66; tabella compilabile dagli operatori

Nelle prime 3 colonne sono indicate rispettivamente: il punto di ispezione (riferito alla mappa dei rabbocchi), il tipo di attività da eseguire e l'olio o grasso da utilizzare. Nella parte di destra della tabella invece, sono indicati i giorni della settimana e per ogni sezione, ispezione e rabbocco, l'operatore che esegue l'operazione deve mettere una croce nella casella corrispondente al turno e al giorno in cui viene fatta l'attività.

7.2 Risultati ottenibili

Dal cronologico dei dati Kienzle, è stata ricavata la quantità di fermo impianto causata da problemi di lubrificazione; questa sottocausale ha un'etichetta ben precisa nell'archivio e prende il nome di 'ANOMALIA LUBRIFICAZIONE', per cui i dati ricavati sono da considerarsi veritieri. Questi dati sono riassunti dal seguente grafico:

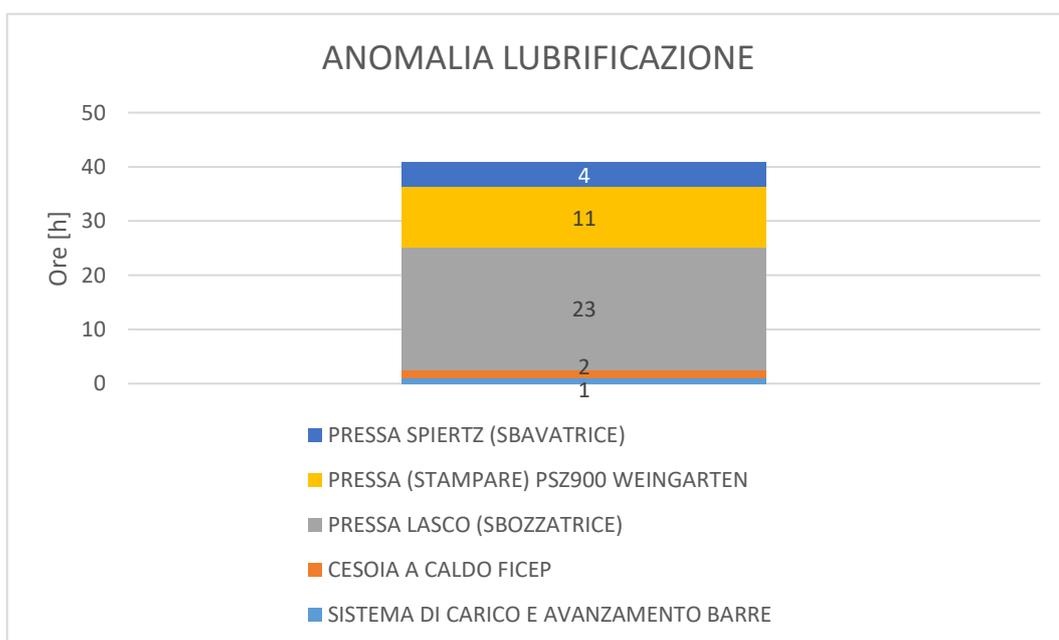


Grafico 8; 'ANOMALIA LUBRIFICAZIONE' dei vari asset

	Ore [h]
SISTEMA DI CARICO E AVANZAMENTO BARRE	1
CESOIA A CALDO FICEP	2
PRESSA LASCO (SBOZZATRICE)	23
PRESSA (STAMPARE) PSZ900 WEINGARTEN	11
PRESSA SPIERTZ (SBAVATRICE)	4
ANOMALIA LUBRIFICAZIONE	41

Tabella 14; ore di 'ANOMALIA LUBRIFICAZIONE'

Quindi una corretta formazione ed esecuzione delle istruzioni operative descritte in questo capitolo porta all'eliminazione completa della quantità di ore descritte come 'ANOMALIA LUBRIFICAZIONE'.

8 Miglioramento focalizzato

Il Miglioramento Focalizzato, o Focused Improvement, rappresenta un altro pilastro del TPM, implementato durante il periodo di stage in Berco.

Nella prima fase di questa attività sono state osservate le varie macchine della linea per capire il loro funzionamento. Le problematiche maggiori sono state riscontrate però nell'individuazione delle cause effettive che provocano le fermate poiché le causali preimpostate nel Kienzle sono troppo generiche e perché attraverso InforEAM non è stato possibile evidenziare con precisione le reali cause di sosta.

Si è operato quindi in stretto contatto con gli operatori di linea, i più esperti conoscitori delle varie problematiche che affliggono i vari asset, aumentandone il loro coinvolgimento in ottica TPM.

A tal fine è stato introdotto il foglio TPM (citato nel *capitolo 5.2*) sulla lavagna a bordo macchina, su cui gli operatori o il caposquadra potessero annotare qualsiasi problematica individuata durante il loro turno di lavoro. Anche in questo caso, la formazione per la corretta compilazione è stata racchiusa all'interno delle attività di 30 minuti descritte nel capitolo precedente. Il foglio è il seguente:

TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE ACTION PLAN - HOT FORGING 2																									
Questo foglio verrà utilizzato da operatori, capi squadra e da chiunque noti problemi sulla linea. Lo scopo è cercare di collaborare tutti insieme al fine di risolvere il problema e migliorare il funzionamento della linea.						<table border="1"> <tr><th colspan="2">Legenda Tag</th></tr> <tr><td>Man</td><td>Manutenzione</td></tr> <tr><td>Prod</td><td>Produzione</td></tr> <tr><td>Sicur</td><td>Sicurezza</td></tr> </table>		Legenda Tag		Man	Manutenzione	Prod	Produzione	Sicur	Sicurezza	<table border="1"> <tr><th colspan="2">Legenda priorità</th></tr> <tr><td>A</td><td>Urgente</td></tr> <tr><td>B</td><td>Moderata</td></tr> <tr><td>C</td><td>Non grave</td></tr> </table>		Legenda priorità		A	Urgente	B	Moderata	C	Non grave
Legenda Tag																									
Man	Manutenzione																								
Prod	Produzione																								
Sicur	Sicurezza																								
Legenda priorità																									
A	Urgente																								
B	Moderata																								
C	Non grave																								
N.	TAG	Asset	Problematica	Suggerimenti	Proposta	Data	Data di chiusura	Priorità	Stato																
1									Stato Aperto Iniziato Terminato																
2									Stato Aperto Iniziato Terminato																
3									Stato Aperto Iniziato Terminato																
4									Stato Aperto Iniziato Terminato																
5									Stato Aperto Iniziato Terminato																
6									Stato Aperto Iniziato Terminato																
7									Stato Aperto Iniziato Terminato																

Figura 67; foglio TPM

Ogni riga rappresenta quindi una problematica evidenziata sulla linea. I campi compilabili sono i seguenti:

- TAG: come descritto nella legenda, indica la macroarea del reparto a cui attribuire la problematica riscontrata, cioè manutenzione/produzione/sicurezza.
- Asset: indica l'asset della linea su cui è stato riscontrato il problema.
- Problematica: è una breve descrizione del problema riscontrato.
- Suggestimenti: può essere compilato per indicare una possibile proposta di miglioramento.
- Proposta: in questa casella deve essere specificato nome e cognome della persona che ha individuato il problema.
- Data: è la data in cui viene individuato il problema.
- Data di chiusura: è la data in cui il problema è stato risolto; solitamente questo tipo di campo viene compilato dal personale dell'ufficio, responsabile del TPM.
- Priorità: come descritto nella legenda, deve essere compilato dalle lettere A, B o C.

Successivamente è stata definita una tabella nella quale sono state riassunte tutte le problematiche della linea: è importante tener presente che non tutte erano state scritte nel foglio TPM, perché gli operatori non erano ancora abituati a questa nuova attività implementata sulla linea. Verranno presentate quindi anche idee provenienti dall'apertura del Kaizen e dalle diverse interviste fatte personalmente agli operatori affinché potessero spiegare esattamente le varie anomalie riscontrate.

N.	ASSET	PROBLEMI RISCONTRATI	DESCRIZIONE
1	Pressa Spiertz	Piatto inferiore	Piatto inferiore non solleva la bava con alcuni codici
2	Pressa Spiertz	Nastro evacuazione bave	Bave rimangono incastrate nel nastro, danneggiando il motore elettrico
3	Pressa Spiertz	Cassoni di raccolta bave	Mancanza di spazio per lo spostamento dei cassoni
4	Pressa a vite Midi	Freni della mazza	La mazza, durante lo stampaggio, viene frenata in maniera innaturale
5	Rulliera Trascar	Mancanza di muletto dedicato	I cassoni con pezzi caldi sostano per troppo tempo sul Trascar danneggiandone la struttura
6	Robot R3	Cambio braccia	Tempistiche lunghe e difficoltose durante set-up
7	Forno Elotherm e rulliera Trascar	Raccolta scorie e pulizia	Modificare sistema di raccolta della scoria
8	Rulliera Trascar	Sensore meccanico di fine corsa	Il calore dissipato dai pezzi caldi danneggia il sensore
9	Rulliera Trascar	Ganasce per stop cassone	Ganasce non eseguono correttamente il movimento per mancanza di aria
10	Set-up	Rifasamento	Mancanza di una procedura per ridurre il rifasamento

Tabella 15; tabella riassuntiva delle problematiche 'TPM'

Come detto precedentemente, è opportuno sottolineare che non siano solo questi i problemi che affliggono la linea; l'attuale manutenzione consiste in 95% manutenzione correttiva e soltanto il 5% manutenzione preventiva, il che fa capire come la maggior parte dei problemi vengano risolti soltanto dopo la loro comparsa.

Un esempio lampante è il fermo macchina della durata di circa 96 ore all'inizio del mese di luglio, causato dalla rottura di uno dei 4 motori della pressa a vite Midi. La consistente ristrutturazione aziendale di questi mesi non permette quindi la riorganizzazione e la calendarizzazione di piani efficaci di manutenzione preventiva degli asset più critici e più 'corposi', come possono essere la pressa a vite Midi, la pressa sbavatrice Lasco e la pressa sbavatrice Spiertz.

8.1 Rulliera di scarico Trascar

La rulliera di scarico Trascar rappresenta uno degli asset sul quale sono state pensate diverse idee di miglioramento poiché la sua struttura non molto complicata ha fatto sì che potessero essere portate a termine una parte delle idee stesse. Inoltre, dal *Grafico 5*, questo asset risulta aver avuto una quantità di ore di fermo impianto rilevante e quindi un miglioramento del suo funzionamento può portare ad un guadagno in termini di OEE e un saving monetario (€) non indifferente.

Nei paragrafi successivi vengono riportate le soluzioni adottate a partire dalle quick wins fino ad alcune proposte di medio/lungo termine. Queste ultime, ritenute comunque valide dai responsabili del reparto, sono tutt'ora in fase di valutazione di investimento da parte dell'azienda.

8.1.1 Quick Wins

Le quick wins rappresentano le azioni migliorative più semplici e di rapida implementazione. Sono stati analizzati i dati Kienzle e InforEAM relativi all'anno fiscale 18/19: il *Grafico 9* è stato estratto dai dati Kienzle, andando ad accorpate il tempo di attesa riscaldamento materiale conseguente all'effettiva causa di sosta, come descritto precedentemente.

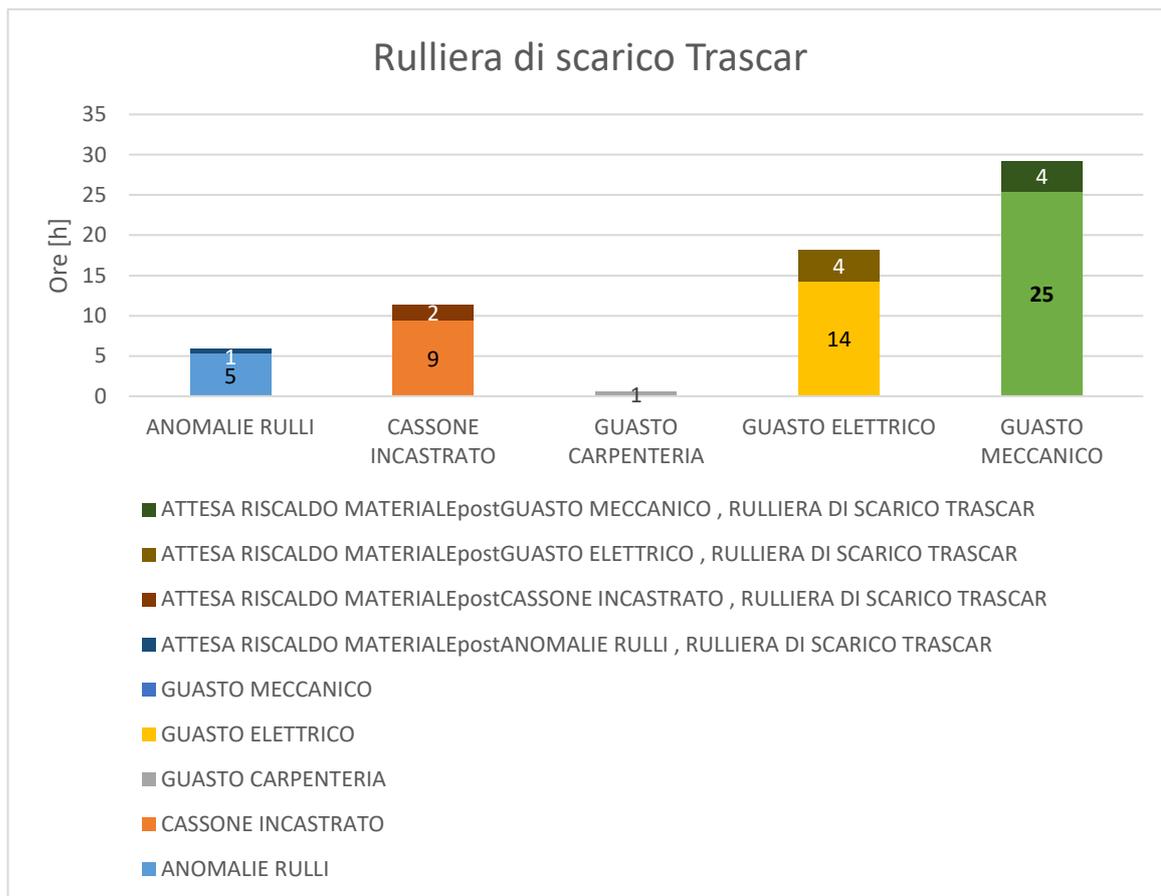


Grafico 9; causali Trascar relative a FY 18/19

Secondo i dati InforEAM, la maggior parte degli ordini di lavoro sono causati da guasti avvenuti sulla rulliera per cui sono stati intervistati gli operatori per definire le cause effettive delle fermate, riassumibili nei seguenti punti.

Danneggiamento o rottura del sensore meccanico di fine corsa:

Questi sensori, definiti anche 'baffi', servono a dare l'input di azionamento dei rulli motorizzati per la movimentazione dei cassoni, contenenti i pezzi finiti.



Figura 68; sensore meccanico di fine corsa

La rulliera Trascar è infatti composta da più blocchi di rulli: nel momento in cui il cassone arriva alla fine di un blocco, il sensore di fine corsa 'sente' l'arrivo del cassone dando l'input per mettere in rotazione i rulli del blocco successivo. L'alta temperatura dei pezzi finiti però danneggia il sensore, deformando la leva di contatto oppure usurando l'ingranaggio interno del leveraggio. Questi sono i principali motivi che impediscono la lettura dell'arrivo del cassone.



Figura 69; esempio di sensore danneggiato

La mancanza di una causale Kienzle che specificasse questo danneggiamento (vedi *Grafico 9*) non ha permesso di quantificarne l'effettivo ammontare di ore di downtime. Dalle interviste agli operatori è emerso però che, nella quasi totalità dei casi, il danneggiamento del sensore veniva casualizzato come 'GUASTO ELETTRICO' o come 'ANOMALIE RULLI', che ricoprono rispettivamente 29 ore e 6 ore (*Grafico 9*).

Non essendo stati evidenziati altri problemi di tipo elettrico, è ragionevole ritenere il sensore descritto il diretto responsabile di questa fermata.

Si è deciso perciò di sostituire questo tipo di sensore con un sensore di distanza laser, resistente alle alte temperature; è stata progettata una staffa di supporto su cui è stato poi installato il sensore come mostrato nelle seguenti figure:



Figura 70; installazione del sensore laser



Figura 71; funzionamento del sensore laser

Questo tipo di sensore evita qualsiasi danneggiamento dell'asta meccanica e del leveraggio, annullando perciò le quantità di ore di downtime sopracitate. È possibile notare dalla *Figura 70* come siano comunque presenti altri sensori meccanici lungo la rulliera; è stato modificato infatti soltanto quello che, secondo gli operatori, dava spesso problemi.

Dunque, ai fini del monitoraggio di questa problematica, è stata definita dall'azienda una nuova causale Kienzle: 'GUASTO BAFFO MECCANICO'. Gli operatori sono stati informati e istruiti affinché venisse indicata questa causale nel caso gli altri sensori meccanici rimasti siano fonte di problemi. Nel corso dell'ultimo mese di stage, nel registro eventi Kienzle questa nuova causale non è mai comparsa per cui è ragionevole ritenere risolto il problema.

Mal funzionamento delle ganasce di bloccaggio cassoni

Rappresenta il secondo grande problema della rulliera Trascar. I pezzi finiti vengono scaricati nei cassoni attraverso il nastro di trasporto di *Figura 41*; per evitare un possibile ribaltamento del cassone durante lo scarico dei pezzi, sono presenti delle ganasce che, attraverso un pistone ad aria, garantiscono il bloccaggio; nel momento in cui il cassone è pieno, le ganasce si aprono e vengono attivati i rulli motorizzati per movimentare il cassone.

L'apertura o la chiusura delle ganasce viene regolamentato da un sensore ottico ma se queste non effettuano il movimento completo fino a fine corsa, il sensore non legge l'effettiva apertura che permetterebbe al cassone di avanzare sulla rulliera; questa anomalia manda in allarme la linea e gli operatori devono comandare in maniera manuale i rulli affinché il sistema riparta.

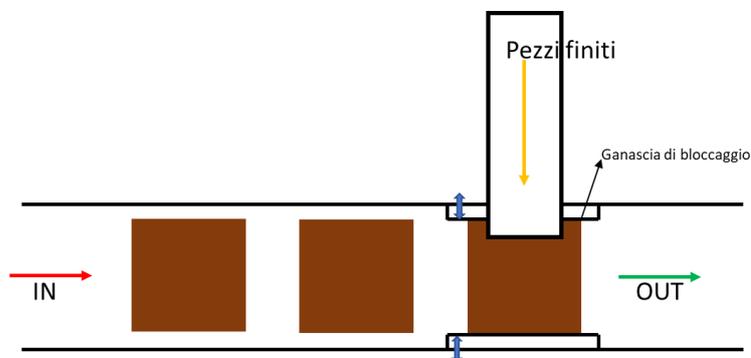


Figura 72; vista dall'alto della rulliera Trascar

Le cause principali del ridotto movimento delle ganasce sono: scarsa pulizia nella zona del pistone pneumatico posto sotto la rulliera e pressione non adeguata dell'aria necessaria.

La prima causa può essere eliminata seguendo le direttive di manutenzione autonoma descritte nel paragrafo precedente mentre a riguardo della seconda causa è stato notato ed evidenziato dagli operatori che le problematiche sono dovute alle tubazioni in gomma che portano aria in pressione al pistone pneumatico (*Figura 73*).



Figura 73; tubi in gomma

Spesso queste presentano fori di fuoriuscita dell'aria o si forma condensa interna a causa delle alte temperature dell'ambiente circostante; è chiaro quindi che l'aria non arriva nelle giuste condizioni al pistone pneumatico. La soluzione è stata quella di sostituire i tubi danneggiati e rivestirli con un isolante termico, come fatto per le restanti tubazioni della parte finale rulliera. In questo caso le ore di downtime risparmiabili sono pari a quelle causalizzate come 'GUASTO MECCANICO' o 'CASSONE INCASTRATO', rispettivamente 29 e 11 ore (*Grafico 9*).

8.1.2 Miglioramenti futuri

In questo paragrafo vengono spiegate le idee di miglioramento future relative alla rulliera Trascar. Sulla base delle problematiche riscontrate precedentemente, risulta chiaro che uno dei problemi principali sia la cattiva attività di pulizia effettuata dagli operatori di linea. Come detto, una delle vie da percorrere è sicuramente quella del corretto e costante svolgimento delle attività di manutenzione autonoma sopracitate ma non solo.

L'idea che verrà descritta consentirebbe una veloce ed efficace attività di pulizia delle zone finora di difficile accesso e che impiegano un periodo di tempo eccessivo per la quantità di lavoro effettiva da svolgere. Si tratta di un innalzamento della rulliera rispetto alla posizione attuale, come indicato nella figura seguente:



Figura 74; innalzamento della rulliera Trascar

Dalla rappresentazione schematica, si evidenzia come la possibile soluzione sia alzare di 20 cm l'altezza della rulliera. In questo modo si riesce a garantire lo spazio necessario per accedere con i dispositivi di rimozione delle scorie sotto la struttura portante e attraverso un pannello di protezione si riuscirà ad isolare completamente il pistone pneumatico dai residui dei pezzi finiti. Questa altezza garantisce anche la non interferenza con il nastro di trasporto dei pezzi finiti, come si può notare in *Figura 42*.

Una ulteriore implementazione già presa in considerazione dall'azienda consiste nella rimozione totale di questo asset sulla linea: si è pensato infatti di ridefinire le modalità di scarico dei pezzi finiti nei cassoni, modificando il layout della linea. La situazione che si verrebbe a creare è molto simile a quella presente su un'altra linea del reparto (linea Eumuco4000), come mostrato in *Figura 75*:



Figura 75; layout di scarico linea Eumuco4000

Eliminando la zona occupata dal nastro trasportatore dei pezzi finiti e dalla rulliera Trascar, si ottiene un notevole guadagno, soprattutto in termini di spazio. La nuova configurazione prevede quindi il posizionamento di 4 cassoni di scarico: una coppia nella Zona A e l'altra nella Zona B (Figura 76; le modifiche apportate al nuovo layout sono confrontabili con la Figura 25). In quest'ultima è stato posizionato anche il cassone degli scarti, posizionato precedentemente nella Zona A.

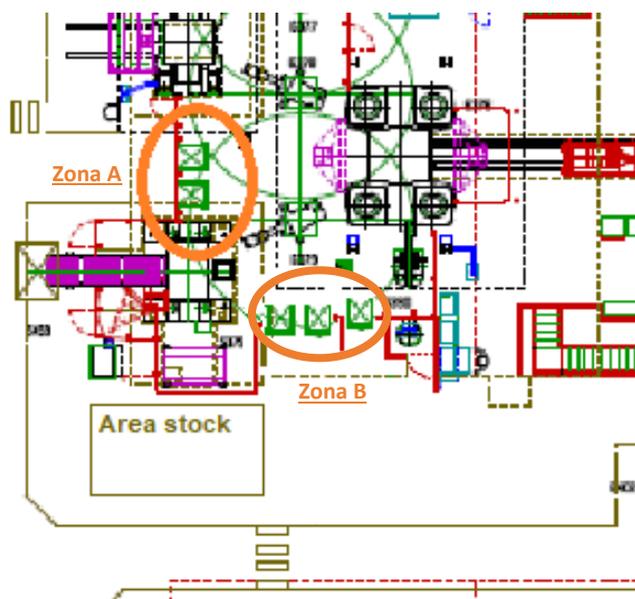


Figura 76; nuovo layout linea Midi



Figura 77; layout in vista 3D

La scelta dell'utilizzo di 4 cassoni è giustificata dall'assenza di un carrellista dedicato alla linea e dal ridotto tempo ciclo dei prodotti. I codici critici sono gli alberi, i quali, essendo molto ingombranti, ne possono essere contenuti al massimo 4 all'interno del singolo cassone; avendo un tempo ciclo pari a 59 secondi, soltanto dopo circa 4 minuti, la postazione del cassone pieno dovrebbe essere sostituito dal carrellista con un nuovo cassone da riempire. Dedicando 4 cassoni allo scarico dei pezzi finiti, viene dato più tempo al carrellista per la sostituzione del cassone.

Verrebbe intuitivo pensare di dedicare un carrellista alla linea, ma in questi mesi di importante ristrutturazione aziendale, si sta cercando di ridurre notevolmente il numero di personale indiretto e quindi questa ipotesi non è accettabile.

Dal nuovo layout (Figura 76) è chiaramente visibile un notevole 'snellimento' della parte finale della linea, allineandosi con la filosofia Lean adottata dall'azienda. Lo spazio ricavato può essere poi utilizzato per definire un mini-stock dei cassoni pieni, alleggerendo ancora di più il lavoro del carrellista.

Nel caso venga modificato il layout nel modo appena descritto, ovviamente si otterrà una completa eliminazione di tutte le causali di sosta che affliggono la rulliera Trascar, pari a 65 ore nell'anno fiscale 18/19 e di conseguenza le problematiche N. 5,7,8,9 descritte dalla Tabella 15 vengono risolte.

8.2 Robot Fanuc R3

8.2.1 Stato As-Is

Un altro problema affrontato e indicato nella *Tabella 15* è relativo al cambio braccia del robot durante il set-up. Nel momento in cui viene effettuato il set-up su tutta la linea per il cambio del codice da produrre, le pinze del robot devono essere modificate perché le modalità di presa del pezzo variano a seconda che questo sia una ruota, una maglia, un rullo o un albero. Gli operatori hanno segnalato quindi una difficoltà nella sostituzione di queste attrezzature: non solo si tratta di componenti pesanti rendendo l'operazione poco ergonomica, ma la presenza di 12 viti (con coppia di serraggio molto elevata) per ciascun braccio rallentava notevolmente le operazioni di set-up.



Figura 78; operazione di avvitamento/svitamento

Sono stati quindi osservati diversi set-up della linea al fine di monitorare questa operazione, ricavando i dati riportati in *Tabella 16*.

Dalla tabella si nota una certa ripetibilità dei tempi di cambio pinze di presa, pensando che non ci fossero molte variabili a cui questa operazione era affetta.

Set-up	Tempo calcolato cambio organi di presa [min]
1	31
2	32
3	27
4	29
5	34
6	37
Media [min]	31,7

Tabella 16; tempi calcolati di cambio organi di presa

Perciò è stato coinvolto il personale dell'ufficio tecnico affinché venisse progettato un dispositivo che velocizzasse questa operazione. Ancora una volta viene fatto notare come i concetti del TPM siano stati messi in atto: grazie all'intervento degli operatori, profondi conoscitori delle problematiche della linea, si è cercato di migliorare un'operazione finora ritenuta standard e non ottimizzabile.

8.2.2 Stato To-Be

Sono stati progettati degli adattatori 'a coda di rondine' (Figura 79) che evitassero l'avvitamento/svitamento di 24 viti (12 per braccio).



Figura 79; adattatori a coda di rondine

In questo modo, ad ogni cambio set-up, gli elementi che vengono cambiati sono soltanto gli adattatori e le manine reggi pezzo (evidenziati in *Figura 80*), velocizzando notevolmente l'operazione di sostituzione.



Figura 80; braccio R3

Sono stati osservati i set-up conseguenti a questa modifica, definendo i tempi evidenziati dalla seguente tabella:

Set-up	Tempo calcolato cambio braccio [min]
1	13
2	9
3	11
4	14
5	11
Media [min]	11,6

Tabella 17; tempo calcolato di cambio nuovi organi di presa

Al netto di una standardizzazione delle modalità dell'intero set-up, il cui obiettivo non è previsto in questo progetto di tesi, è stato ridotto il tempo con cui viene effettuata questa operazione, ottenendo un guadagno pari a:

$$\text{Guadagno} = 20.1 \text{ min}$$

Si è cercato di calcolare l'effettivo guadagno (in ore), prendendo come riferimento l'anno fiscale 18/19. Seppur esista la causale 'SET-UP (PREPARAZIONE)', i dati estrapolati da Kienzle non permettono una corretta stima del tempo risparmiato poiché, partendo dalla definizione di set-up secondo cui "il tempo di set-up è il tempo che intercorre tra l'ultimo pezzo buono del vecchio lotto e il primo pezzo buono di quello nuovo", non è stato possibile identificare sempre il punto d'inizio e di fine.

Quindi è stata fatta un'estrapolazione da SAP, attraverso cui è stato possibile ricavare la cronologia di tutte le commesse, differenziate per codice, effettuate sulla linea Midi nell'anno fiscale 18/19. Per cui risulta che:

$$N. di SETUP = N. commesse - 1$$

ANNO FISCALE 18/19	
N° di SETUP	166
Guadagno singolo SETUP [min]	20,1
Guadagno in ore [h]	56

La modifica dell'organo di presa del robot R3 comporta un guadagno di circa 56 ore di set-up.

9 Conclusioni

Al fine di comprendere in maniera più chiara il lavoro svolto durante i mesi di tirocinio in azienda, vengono presentati e riassunti i passi eseguiti per ottenere una implementazione corposa del Total Productive Maintenance.

Innanzitutto, si è deciso di iniziare un'attività '5S' di pulizia e ordine del banco di lavoro e dell'attrezzatura, considerate zone chiave per ottenere un'alta qualità del lavoro stesso. Partendo dall'osservazione delle attività fatte sulla postazione di lavoro dagli operatori e degli strumenti da loro maggiormente utilizzati, è stato separato ciò che era utile da ciò che è stato ritenuto inutile: è stata smaltita una delle due cassettiere presenti ed è stato installato un pannello, in modo tale che gli attrezzi fossero di più facile accesso.

Si è proseguiti poi con la calendarizzazione delle attività di formazione, strumento fondamentale della metodologia TPM: sono state definite le procedure di manutenzione autonoma, necessarie per mantenere il 'controllo' su tutta la linea. Uno degli aspetti fondamentali per i responsabili del reparto sarà mantenere la costanza nelle attività di formazione nei mesi successivi: soltanto se questi dimostreranno interesse e dedizione, si potranno migliorare i risultati raggiunti in ottica TPM, ottenendo una efficace collaborazione da parte di tutti gli operatori. Queste attività potranno poi essere estese a tutto il personale del reparto in maniera tale da migliorare la produttività anche delle altre linee di produzione. Successivamente sono stati definiti alcuni miglioramenti della linea; alcuni sono considerati quick wins, in quanto ottenuti durante il periodo di stage mentre altri saranno implementabili dall'azienda a distanza di alcuni mesi. In particolare, l'attenzione è stata posta verso due asset della linea: la rulliera di scarico Trascar e il robot Fanuc R3. Entrambi hanno ricoperto un'importante percentuale di downtime nell'anno fiscale 18/19.

Tutte le attività TPM hanno come obiettivo principale il guadagno di OEE, ritenuto il KPI di riferimento in Berco per valutare l'andamento dell'efficienza della linea nel corso dei mesi. Le analisi effettuate dal personale del Controlling hanno evidenziato i seguenti valori di OEE nell'anno fiscale 18/19:

FY 18/19	
YY/MM	% OEE
ott	35%
nov	18%
dic	28%
gen	32%
feb	31%
mar	28%
apr	34%
mag	29%
giu	26%
lug	24%
ago	32%
set	29%
Media	29%

Tabella 18; andamento OEE FY 18/19

È evidente come la media totale calcolata sui 12 mesi sia decisamente bassa; impianti di questo tipo hanno, in media, un OEE pari a circa il 60% per cui i margini di miglioramento sono notevoli.

Dalla definizione di OEE, si ricava che:

$$OEE = \frac{\text{tempo operativo}}{\text{tempo schedulato}} \cdot \frac{\text{produzione reale}}{\text{obiettivo di produzione}} \cdot \frac{\text{produzione conforme}}{\text{produzione reale}}$$

In queste particolari linee di stampaggio gli ultimi due termini sono quasi completamente ininfluenti: infatti dal *Grafico 2* ricavato dai dati Kienzle si osserva che:

- Tempo schedulato (FY 18/19) = 6466 ore
- Tempo di produzione = 1916 ore

Perciò si ricava che il tempo di produzione ricopre circa il 30% del tempo schedulato, deducendone che effettivamente le speed losses e le perdite dovute agli scarti sono trascurabili.

Di seguito, vengono riportate le principali migliorie apportate e le conseguenti ore di downtime risparmiate:

Pilastro TPM	Descrizione	Ore di downtime
Manut. Autonoma	Ispezione e rabbocchi	41
Migl. Focalizzato Trascar	Sensore laser	35
Migl. Focalizzato Trascar	Ganasce di bloccaggio	40
Migl. Focalizzato Robot R3	Set-up robot R3	56
TOTALE ORE [h]		172

Tabella 19; elenco quick wins

Dunque, su base del precedente ragionamento, si può affermare che una riduzione del downtime comporta proporzionalmente un aumento dell'OEE.

	Valore FY 18/19	Valore stimato
Tempo di produzione	1916	2088
Tempo schedulato	6466	6466
OEE	28,8%	32,3%

Tabella 20; miglioramento OEE

+3.5%

Perciò le 'quick wins' apportate alla linea permettono un potenziale aumento del 3,5% dell'OEE; questi miglioramenti rappresentano soltanto una piccola parte di quelli attuabili su tutti gli asset della linea, il che fa capire come vi siano ancora importanti margini di miglioramento.

Per valutare, in termini economici, l'importanza di queste soluzioni apportate sulla linea Midi, si fa riferimento ad una formula utilizzata dal Controlling, con cui si valuta il saving monetario:

$$Saving\ monetario[\text{€}] = kapari \cdot (OEE_{target} - OEE_{start}) \cdot \left(\frac{C_{var_{mod}} \cdot rum}{OEE_{target}} + CM \right)$$

Dove:

- $kapari$ = quantità di ore schedulate.
- $C_{var_{mod}}$ = è il costo variabile della manodopera diretta ed è pari a 25 €/h.
- rum = è il rapporto uomo-macchina. È uguale a 2.
- CM = rappresenta il margine di contribuzione ed è pari a 925,85 €/h.

Attraverso questa formula quindi il guadagno (in ore) che si ottiene dai miglioramenti sopra descritti viene riproporzionato sull'effettivo OEE dell'impianto.

Dalla formula sopra riportata, risulta che:

$$\text{Saving [€]} = 241.681,28 \text{ €}$$

Per concludere, ritengo dunque questa esperienza estremamente formativa, svoltasi in un contesto complesso appartenente al mondo industriale metalmeccanico, apprendendo le dinamiche, diversi metodi e aspetti legati alle pratiche quotidiane aziendali.

A livello operativo ho appreso nuove metodologie di analisi ed elaborazione dei dati, metodologie di comunicazione con operatori di linea o con propri superiori e metodologie di sviluppo della filosofia Lean e del Total Productive Maintenance.

A lato delle competenze informatiche ho potuto apprendere l'utilizzo del software gestionale SAP, presente in molte aziende e migliorare notevolmente l'utilizzo di Excel.

Ringrazio infine tutti i dirigenti e il personale del reparto 'Hot Forging 2' di Berco che in questi mesi mi hanno supportato, fornendomi adeguate informazioni e aiutandomi sempre nelle difficoltà riscontrate durante il mio percorso.

Bibliografia & Sitografia

- Hampson, Ian. "Lean Production and the Toyota Production System Or, the Case of the Forgotten Production Concepts". *Economic and Industrial Democracy* 20, n.3 (1 Agosto 1999)
- Humphreys, Kenneth K. "Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time", 4th Edition. Productivity Press, 2011.
- Ismail, M.Z.M., A.H. Zainal, N.I. Kasim, e M.A.F.M. Mukhtar. "A mini review: Lean management tools in assembly line at automotive industry", Vol. 469, 2019.
- Pettersen, Jostein. "Defining Lean Production: Some Conceptual and Practical Issues". *The TQM Journal*, 27 febbraio 2009.
- L. Furlanetto. "Manuale di manutenzione degli impianti industriali e servizi". 100.353
- Garetti, Furlanetto, Macchi. "Ingegneria della manutenzione". 2007
- Bianchi. "Visual Management. Le 5S per gestire a vista". goWare
- S. Borris. "Total Productive Maintenance". Gennaio 2006.
- S. Nakajima. "Introduction to TPM: Total Productive Maintenance", 1 nov. 1988
- McCarthy, Rich. "Lean TPM. A blueprint for change", 1st Edition, 2004.
- Suzuki. "TPM in Process Industries". Indian Edition, 2016.

Ringraziamenti

Vorrei dedicare la mia tesi e il raggiungimento di questo obiettivo a tutte le persone che mi sono state vicine e che hanno creduto in me in questi anni di studio. Sicuramente rappresenta, non solo un traguardo importante della mia vita, ma anche un nuovo punto di inizio.

Ringrazio, innanzitutto, il Relatore della mia tesi, il Prof. Maurizio Schenone, per avermi permesso di concludere oggi questo percorso e per avermi fornito gli strumenti e il supporto necessari allo svolgimento dell'intera attività di tirocinio.

Ringrazio poi i responsabili del reparto 'Hot Forging 2' di Berco, in particolar modo Giampiero ed Enrico per avermi supportato nei momenti più critici e per avermi sempre garantito ampia libertà di azione. Ho trovato con tutti una grande sintonia ed una estrema disponibilità nel lavoro quotidiano.

Ringrazio la mia famiglia e i miei cari per aver sempre avuto fiducia in me e per avermi spronato ogni giorno a fare meglio.

Ringrazio Matteo, con il quale ho convissuto questi due anni a Torino, trovando una persona sempre disponibile. Con lui ho condiviso momenti belli e insieme abbiamo superato le difficoltà incontrate durante il nostro cammino.

Ringrazio infine voi tutti per avermi fatto arrivare dove sono adesso, sperando che la tappa appena raggiunta sia solo la prima di una lunga e gloriosa carriera.