



**Politecnico  
di Torino**

## ***Politecnico di Torino***

***Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica  
Anno Accademico 2022/2023  
Sessione di Laurea Luglio 2023***

# ***Analisi KPI per il miglioramento DOT in FPT Industrial***

***Relatori:  
Paolo Matteis  
Manuela De Maddis***

***Correlatore:  
Salvatore Cosentino***

***Candidato:  
Paolo Pibi***

*a S.*



## ***Indice***

Introduzione	4
Capitolo 1	6
1.1 Lean Thinking	6
1.2 Total Productive Maintenance	13
1.3 Total Quality Maintenance	16
1.4 Cost Deployment	17
1.5 Le caratteristiche del WCM	18
1.5.1 Safety	19
1.5.2 Cost Deployment	20
1.5.3 Focus Improvement	21
1.5.4 Autonomous Activities	23
1.5.5 Professional Maintenance	25
1.5.6 Quality Control	25
1.5.7 Logistics	26
1.5.8 Early Equipment Management	27
1.5.9 People Development	28
1.5.10 Environment	29
1.6 FPT Industrial	30
1.6.1 Turin Driveline Plant	30
1.7 Operative Unit Transmissions	31
1.7.1 Ricevimento e ricottura isoterica	33

	2
1.7.2 Lavorazione prima del trattamento termico	33
1.7.3 Carbo cementazione e processi speciali	34
1.7.4 Lavorazione dopo il trattamento termico	34
1.7.5 Montaggio	35
1.8 Il DOT	35
Capitolo 2	39
2.1 Matrice di rischio e Economic Impact	39
2.2 Financial Risk	43
2.2.1 Analisi di investimento su macchina non critica	44
2.2.2 Analisi di investimento su macchina mediamente critica	46
2.2.3 Analisi di investimento su macchina critica	47
2.3 KPI Deployment	49
Capitolo 3	55
3.1 Introduzione a Microsoft Access	55
3.1.1 Componenti principali	55
3.1.2 Possibilità di integrazione	56
3.1.3 Sviluppo di un database in Access	57
3.2 Creazione del database	57
3.3 Report	63
3.3.1 Report di produzione	64
3.3.2 Report di manutenzione	65
3.3.3 Report di qualità	67
3.3.4 Report indicatori	67
3.4 Limiti di Microsoft Access e esportazione dati	74

	3
Capitolo 4	75
4.1 Sviluppo delle attività e Action Plan	75
4.2 Caso studio	78
4.2.1 Processo di rettifica	78
4.2.2 Processo di tornitura	81
4.2.3 Ciclo di finitura attuale	83
4.2.4 Analisi	84
4.2.3 Proposta di soluzione	87
Conclusioni	91
Bibliografia e sitografia	93
Indice delle figure	94

## Introduzione

Il lavoro di tesi introduce l'implementazione di un nuovo metodo di gestione aziendale all'interno di una realtà industriale. Il lavoro trova applicazione nello stabilimento Driveline della FPT Industrial a Torino, presso il quale è stata svolta un'attività di tirocinio sotto la supervisione del tutor aziendale Salvatore Cosentino.

L'elaborato è suddiviso in quattro capitoli, ciascuno dei quali è brevemente introdotto nel seguito.

Il primo capitolo descrive le caratteristiche e gli strumenti del metodo di gestione aziendale che è stato adottato dall'azienda tra il 2007 e il 2022: il World Class Manufacturing. Quest'ultimo origina dagli approcci aziendali sviluppati in Giappone, tra gli anni '50 e '60, dal gruppo Toyota. Il capitolo prosegue con una breve descrizione della realtà aziendale, con particolare riferimento all'Unità Operativa Transmissions. Si sono descritti i processi di lavorazione che concorrono alla realizzazione del prodotto finale e la struttura aziendale. Infine si è descritto il passaggio che ha portato, nel 2022, all'abbandono del World Class Manufacturing e alla nascita di un nuovo metodo di gestione aziendale: il DOT, acronimo di Driving Operations Together.

Il secondo capitolo tratta gli strumenti implementati per l'analisi di performance richiesta dal metodo DOT: la classificazione dei macchinari basata sull'impatto economico che ciascuno di essi ha sullo stabilimento; il metodo di valutazione degli investimenti e gli indicatori più adatti a descrivere, in modo sufficientemente esaustivo e dinamico, l'efficienza dei macchinari.

Il terzo capitolo presenta lo strumento di raccolta dati utilizzato per analizzare l'efficienza dei macchinari. Lo strumento è stato realizzato su Microsoft Access e ha richiesto di costruire l'interfaccia per l'immissione dei dati e di formare il personale, che comprende i conduttori macchina e i gestori.

Vengono inoltre descritti i principali strumenti che Microsoft Access offre, i passaggi logici necessari alla creazione di un database e la reportistica prodotta dallo strumento di raccolta dati realizzato.

Il quarto capitolo descrive, attraverso un esempio pratico, le azioni che scaturiscono dall'analisi di performance sui macchinari realizzate con lo strumento di raccolta dati. La classificazione delle macchine basata sull'impatto economico riporta quali sono i macchinari più critici e l'analisi degli indicatori di performance consente di monitorare giornalmente l'andamento di ciascun macchinario all'interno dell'unità operativa. Si svolgono degli incontri con cadenza settimanale durante i quali si discutono le attività da realizzare per riportare in condizioni di efficienza la macchina definita più critica.

Il caso di studio descrive il passaggio dalla lavorazione di rettifica alla lavorazione di tornitura dura per il processo di finitura eseguito su tre macchine, al fine di ridurre i tempi di messa a punto.

Il lavoro finora svolto, essendo tuttora in fase di sviluppo e soggetto a continui cambiamenti, prevede una serie di implementazioni e di propositi futuri che si è scelto di riassumere e trattare brevemente nelle conclusioni del lavoro di tesi.

# Capitolo 1

Il WCM, acronimo di World Class Manufacturing, è un termine utilizzato per descrivere un insieme di strategie e pratiche volte a massimizzare i livelli di efficienza, sicurezza e produttività nei processi di produzione.

Esso è stato sviluppato in America tra gli anni '80 e '90 ed è stato introdotto in Italia dal gruppo Fiat nel 2005.

Il WCM nasce dall'integrazione di tre metodologie applicate alla gestione aziendale: il Lean Thinking, il Total Productive Maintenance e il Total Quality Management.

La caratteristica discriminante del WCM rispetto ai tre approcci citati, e che di seguito verranno introdotti, è la definizione con cui si decide quali problematiche "aggredire" e in quale ordine aggredirle all'interno della realtà aziendale. Al fine di stilare un ordine delle priorità viene introdotto nel WCM infatti il concetto di Cost Deployment, il quale costituisce peraltro uno dei pilastri tecnici del metodo.

## 1.1 Lean Thinking

Il Lean Thinking [1] è un'espressione con cui si indica la filosofia aziendale che ha come obiettivo massimizzare la creazione di valore per il cliente, riducendo al minimo gli sprechi. In quest'ottica viene definito "spreco" tutto ciò che non aggiunge valore al cliente o all'azienda stessa.

L'espressione Lean Thinking viene introdotta a partire dagli anni '90 con il libro "The machine that changed the world" di James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos in cui vengono descritte le differenze tra il modello produttivo occidentale e quello orientale, nello specifico in riferimento alle strategie introdotte dalla casa automobilistica Toyota nel loro TPS<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Toyota Productive System

Quest'ultimo è visto come evoluzione del metodo occidentale introdotto da Ford per adeguarsi alle esigenze del settore produttivo giapponese a una maggiore flessibilità degli impianti e una minore disponibilità di infrastrutture.

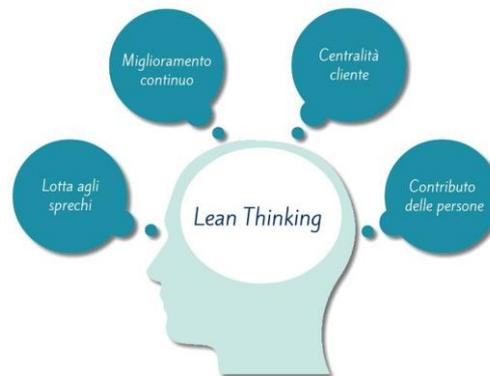


Figura 1 - Principi del Lean Thinking [1]

La filosofia del Lean Thinking si basa su quattro principi rivoluzionari nel modo di vedere l'approccio aziendale:

- **Centralità del cliente.** Il punto di partenza e di arrivo di tutte le attività ed azioni dell'azienda è trasferire valore, attraverso i propri prodotti e servizi, al cliente. In quest'ottica per cliente non si intende solo il cliente finale, ma anche il "cliente interno", ossia il destinatario della lavorazione che dovrà eseguire la lavorazione successiva. Il flusso di informazioni parte dal cliente finale e scende fino all'approvvigionamento del materiale grezzo lungo tutti gli step produttivi al fine di definire la produzione. L'informazione poi viene trasferita nel verso opposto al fine di garantire il rispetto della richiesta del cliente finale.
- **Contributo delle persone.** Viene promosso lo sviluppo e il sostegno della competitività aziendale, al fine di ottenere risultati sempre migliori e duraturi. In tal senso è necessario che il management si occupi della formazione continua di tutte le persone che lavorano in azienda e il coinvolgimento delle stesse verso un obiettivo comune.

- Miglioramento continuo. Ogni processo in azienda non può essere considerato perfetto, bensì migliorabile nel tempo. In quest'ottica ciascun dipendente dell'azienda deve essere coinvolto dal management in un processo di monitoraggio dello stato attuale e della promozione di azioni volte a migliorare il processo.

Lotta agli sprechi. Ricercare e eliminare lo spreco all'interno dell'azienda, inteso come tutto ciò che non costituisce valore per il cliente o per l'azienda stessa.

Si identificano inoltre cinque principi che un'azienda deve adottare per approcciarsi alla filosofia Lean:

- Value. Il concetto di "valore" deve essere rivoluzionato: solo una parte delle azioni e del tempo totale di produzione forniscono valore al cliente e pertanto risulta necessario definire chiaramente il valore di un prodotto al fine di individuare ed eliminare, gradualmente, tutti gli sprechi individuati.
- Map. Il flusso di valore deve essere mappato al fine di individuare gli sprechi durante il processo di produzione.
- Flow. Deve essere creato un flusso di produzione che abbia come obiettivo la riduzione del lead time. La creazione del flusso viene fatta in modo che lo scorrimento del prodotto attraverso i vari processi produttivi avvenga senza interruzioni che concorrono alla creazione di non valore aggiunto. L'eliminazione di tempi superflui consente un forte incremento produttivo dal punto di vista quantitativo e qualitativo e consente di potersi concentrare sull'incremento di valore del processo.
- Strategia Pull. Passare da una strategia Push a una strategia Pull: è la richiesta del cliente a dettare i ritmi della produzione e della fornitura.
- Perfection. Riorganizzazione dei flussi in un'ottica di miglioramento continuo, in cui tutti i passaggi sono interconnessi tra loro e sono allineati con la richiesta del cliente, che diventa il punto di partenza.

A ciascuno dei principi sopra elencati è associata una tecnica specifica:

- Voice of Customer (VOC) associata al principio Value;
- Value Stream Map (VSM) associata al principio Map;
- 5S associata al principio Flow.
- Kanban associata al principio Pull;
- Kaizen associata al principio Perfection.

Il VOC è il processo con cui si raccolgono, si analizzano e si condividono internamente le esperienze del cliente. Essa è una parte integrante dell'esperienza del cliente e come tale contribuisce alla realizzazione di una strategia di marketing. L'utilizzo di questa tecnica costituisce la creazione di un vantaggio competitivo: un'azienda che conosce il parere del cliente ha la possibilità di definire la propria offerta in funzione delle sue esigenze.

Per VSM si intende la mappatura grafica dell'insieme di tutti i processi e attività che concorrono alla realizzazione del prodotto, partendo dalla fornitura del grezzo fino ad arrivare alla consegna del prodotto finito al cliente [2]. La mappatura viene eseguita con lo scopo di ottimizzare in modo globale e continuo tutto il processo individuando tutte le cause di spreco e garantendo a tutto il personale l'approvvigionamento di tutti gli strumenti necessari. Si distinguono in questo senso due tipi di mappe: la Current State Map e la Future State Map: la Current State Map descrive la situazione attuale del prodotto all'interno del flusso; la Future State Map indica il modo in cui si vuole vedere il prodotto all'interno del flusso.

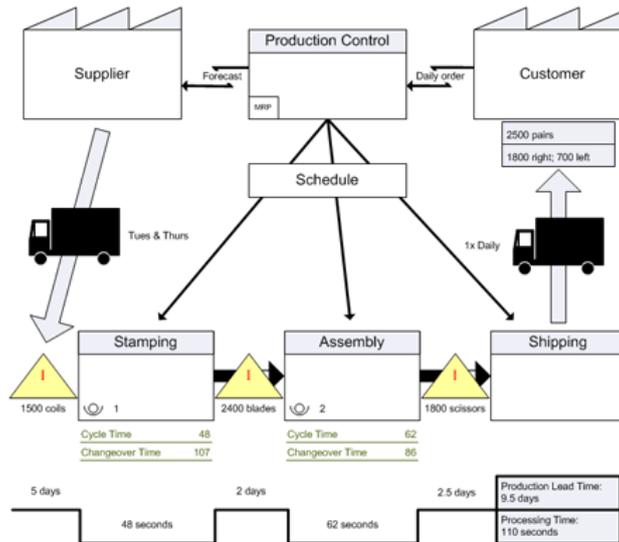


Figura 2 - Esempio VSM [3]

Con il termine 5S si definisce l'insieme delle cinque pratiche atte a definire un flusso di processo in modo da minimizzare attese e lead time.



Figura 3 - 5S [4]

Queste vengono chiamate così poiché nella lingua giapponese vengono tutte identificate da parole che iniziano per la lettera S e sono:

- Scartare (Seiri – separare). Dividere ciò che è utile e dà valore al processo da ciò che è considerato spreco e che quindi causa disturbo o disordine.
- Sistemare (Seiton – riordinare). Mettere in ordine ciò che è stato separato dagli sprechi.
- Spazzare (Seiso – pulire). Mantenere pulita e ordinata la postazione di lavoro.

- Standardizzare (Seiketsu – sistemare). Definire una procedura standard e ripetibile che racchiuda le attività e le procedure attuate per ottimizzare le operazioni di processo.
- Sostenere (Shitsuke – diffondere). Fare in modo che la mentalità e gli obiettivi vengano diffusi e condivisi in tutti gli ambiti dell'azienda.

Il Kanban è un metodo di gestione del flusso di lavoro a livello visivo che consente l'ottimizzazione della gestione delle consegne di prodotto verso il cliente. Esso è essenzialmente costituito da una "kanban board" sulla quale vengono affissi dei cartellini, i quali individuano la richiesta del cliente verso il fornitore (inteso anche come richiesta della lavorazione successiva verso la precedente). Ciascun cartellino deve riportare delle specifiche che contrassegnino le informazioni utili all'approvvigionamento, quali l'identificativo del prodotto, le dimensioni, l'indicazione del cliente e il codice di localizzazione del prodotto.

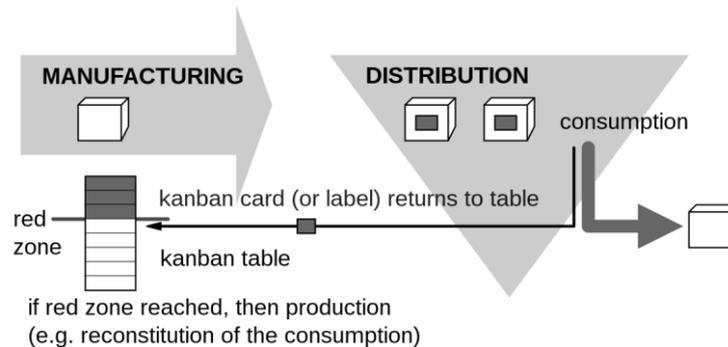


Figura 4 - Schema chiamata Kanban [5]

I Kanban possono essere di trasporto quando servono a definire la sequenza di movimentazione di un prodotto da un'origine a una destinazione, oppure di produzione quando servono a scandire la vera e propria realizzazione di uno specifico prodotto. L'applicazione di questa tecnica consente di: individuare il lead time di un prodotto; monitorare l'evoluzione temporale di un processo lungo tutte le sue fasi; identificare la quantità di lavoro tale da impedire la nascita di colli di bottiglia; monitorare la produzione e ottimizzare lo stoccaggio di materiale a magazzino.

Il Kaizen è una pratica che consiste nell'applicazione di un pensiero volto al "miglioramento continuo" secondo il quale, in ambito aziendale, tutto è in continua evoluzione e giorno per giorno da parte di tutti i dipendenti deve esserci la volontà di applicare miglioramenti atti a evolvere costantemente verso una condizione di zero sprechi e di massima efficienza. Tale sistema ha senso di esistere solo in sinergia con la continua ricerca di innovazione, affinché il miglioramento non decada inevitabilmente nel tempo. Esistono diversi tipi di Kaizen in funzione del tipo di problema che si intende aggredire, dei dati di cui si è in possesso e delle risorse a disposizione per contrastarlo:

- il Quick Kaizen si applica quando le voci di spreco sono ovvie e chiaramente identificate in un'area circoscritta, quando si hanno i dati necessari a disposizione e si intende conseguire dei risultati immediati;
- lo Standard Kaizen è uno strumento più strutturato, il quale prevede una fase di preparazione precedente all'attuazione delle attività di miglioramento. In questo caso è necessario analizzare i dati per capire l'origine della criticità e l'obiettivo non è ancora stato definito. Viene utilizzato su problemi più complessi.

## 1.2 Total Productive Maintenance

Il TPM<sup>2</sup> [6] è un approccio aziendale sviluppato dalla casa automobilistica Toyota tra gli anni '60 e '80. Esso ha come obiettivo quello di massimizzare l'efficienza di un impianto nel rispetto di un corretto equilibrio tra i costi di manutenzione e l'efficienza stessa.

Il miglioramento dell'impianto avviene minimizzando le voci di perdita, divise in:

- perdite per fermate (guasti, perdite tecniche e perdite gestionali);
- perdite per velocità (rallentamenti, micro fermate);
- perdite per qualità (scarti).

Il TPM consente quindi, attraverso una serie di azioni programmate e standardizzate, di intervenire su ogni area dell'impianto al fine di garantire l'ottimo da un punto di vista di efficienza, pulizia e tenuta dell'impianto.

L'approccio del TPM si basa su otto principi fondamentali, chiamati "pilastri" [7]:

- 5S;
- Manutenzione autonoma;
- Miglioramento continuo;
- Manutenzione programmata;
- Miglioramento della qualità;
- Training;
- Efficienza dell'amministrazione;
- Ambiente e sicurezza.

Il primo pilastro è costituito dalle 5S, tecnica ripresa direttamente dal Lean Thinking e viene applicata all'individuazione dei problemi di un impianto relativi alla manutenzione.

---

<sup>2</sup> Total Productive Maintenance

Le attività relative a questa tecnica sono principalmente attività che sono imputate direttamente agli addetti e non ai team di manutenzione.

Il secondo pilastro tratta il tema della manutenzione autonoma. Essa racchiude tutti i piccoli interventi di manutenzione che possono essere effettuati dagli addetti macchina. I vantaggi di individuare e categorizzare tali operazioni sono la responsabilizzazione e la professionalizzazione degli addetti in prima persona, che quindi sono formati e in grado di intervenire in maniera ordinaria sulla macchina e il conseguente demansionamento dei team di manutenzione da quelle operazioni che altrimenti toglierebbero tempo all'analisi e alla risoluzione di problemi più seri. Rientrano in questa categoria le operazioni di piccola manutenzione e di tenuta in servizio della macchina, come ad esempio la lubrificazione.

Il terzo pilastro tratta il tema del miglioramento continuo, anch'esso collegato alla filosofia del Lean Thinking e applicato all'ottimizzazione dell'efficienza. Esso rappresenta l'attitudine da parte del personale di ricercare continuamente piccole migliorie che portino, nel tempo, a un risultato tangibile in termini di efficienza delle macchine senza richiedere seri interventi di manutenzione.

Il quarto pilastro tratta il tema della manutenzione programmata. Essa racchiude tutti gli interventi essenziali a garantire il servizio della macchina, scongiurando eventuali arresti inaspettati.

I piani di manutenzione programmata vengono redatti dai team di manutenzione e devono tenere in considerazione il deterioramento delle macchine e l'approvvigionamento a magazzino dei ricambi strategici.

Il quinto pilastro tratta il tema del miglioramento della qualità, il cui obiettivo quello di individuare tutte le possibili cause di perdita per qualità e scongiurarle. Queste ultime sono infatti una voce di perdita al pari di una fermata della macchina e implicano un calo di efficienza della stessa: causa di rilavorazioni con conseguenti perdite di produzione.

Il sesto pilastro riguarda la formazione e delle persone affinché acquisiscano le conoscenze necessarie a prevenire e scongiurare perdite.

Il settimo pilastro riguarda il ruolo dell'amministrazione nella promozione attiva del cambiamento necessario a coinvolgere il personale, inteso come la responsabilizzazione delle persone verso mansioni che formalmente esulano da quello che è il loro compito principale, come ad esempio la manutenzione autonoma per gli addetti macchina.

L'ultimo pilastro del TPM riguarda la creazione e il mantenimento delle condizioni di sicurezza sul posto di lavoro.

Un impianto in cui l'approccio TPM è correttamente applicato prevede che, in osservanza agli otto pilastri descritti, si abbia che:

- gli addetti macchina siano in grado di eseguire interventi ordinari sulla macchina;
- il personale dell'impianto si occupi della pulizia dell'area di lavoro;
- gli addetti alla manutenzione si occupino degli interventi più avanzati, dell'approvvigionamento degli strumenti utilizzati e della ricambistica e della stesura di piani di manutenzione programmata;
- la direzione si occupi della formazione del personale affinché possa adempiere alle proprie mansioni.

### 1.3 Total Quality Maintenance

Il TQM<sup>3</sup> [8] è un modello organizzativo nato sempre in Giappone, nell'ambito del Lean Thinking al pari del TPM, che però ha come obiettivo quello della ricerca continua del miglioramento in termini qualitativi. A partire dal 1987 sono state introdotte delle norme, la ISO 9004:2000 e la ISO 9001:2008 che hanno stabilito i requisiti fondamentali che un'azienda deve possedere per lavorare in condizioni di qualità. In particolare gli otto principi riportati nelle norme sono:

- si devono individuare le esigenze e le richieste del cliente;
- si deve stabilire un'organizzazione della gestione della qualità, i cui obiettivi devono essere chiari e condivisi;
- si devono identificare i processi necessari;
- si deve stabilire la sequenza dei processi e le interazioni tra le fasi;
- si devono stabilire e standardizzare i criteri e i metodi per i controlli di qualità;
- si deve garantire la creazione di una raccolta dati che riporti le informazioni necessarie a verificare i processi;
- si devono analizzare i processi;
- si devono attuare le azioni necessarie per conseguire i risultati previsti e il miglioramento continuativo.

Secondo un'interpretazione classica del TQM il raggiungimento di elevati standard qualitativi comporta elevati costi di produzione. Tuttavia tale posizione è stata attualmente rivista e abbandonata a vantaggio di due differenti punti di vista:

- il concetto di qualità viene visto in funzione a quello che viene richiesto dal cliente. La soddisfazione del cliente diventa quindi lo standard qualitativo da ricercare;
- non viene valutato solo il costo relativo al lavorare in qualità, ma anche il costo che comporta non lavorare in qualità. Diventa fondamentale definire i costi in termini

---

<sup>3</sup> Total Quality Maintenance

organizzativi, di soddisfazione del cliente e di competitività di un lavoro non eseguito in qualità.

Un'azienda può abbracciare il concetto del TQM secondo due strade: la modifica dei sistemi, uniformandosi agli standard delle norme ISO, oppure la modifica della cultura aziendale, attraverso la definizione di una "missione aziendale" e di nuovi "valori guida" che indichino un cambio di atteggiamento da parte del personale verso il cliente e verso l'azienda stessa.

Tali valori guida sono:

- attenzione verso il cliente;
- aumento di responsabilità e miglioramento continuo delle persone (introduzione di formazione professionale e creazione di team per il problem solving);
- miglioramento del processo con metodi di controllo statistico;
- ridefinizione del ruolo del supervisore, conferendogli la possibilità di interagire con il management in maniera proattiva per la risoluzione dei problemi;
- favorire l'intervento delle persone, motivandole ad essere partecipativi;
- favorire il lavoro di squadra al fine di eliminare la competitività interna.

## **1.4 Cost Deployment**

Sebbene il World Class Manufacturing, come verrà trattato nel paragrafo successivo, attinge e fa propri molti aspetti del TPM e del TQM, esso differisce da questi ultimi per via della metodologia con cui le problematiche vengono aggredite. Il WCM prevede l'analisi delle criticità e la definizione di una scala di priorità per le contromisure sulla base della loro incidenza economica. È definito in questo ambito il Cost Deployment, il quale costituisce appunto uno dei dieci pilastri del metodo WCM.

## 1.5 Le caratteristiche del WCM

Lo scopo del WCM è quello di ottenere un miglioramento continuo di tutte le attività dell'azienda attraverso interventi mirati a ottimizzare i processi e a ridurre sprechi e perdite. L'obiettivo diventa quindi la ricerca del valore zero: zero difetti, zero guasti, zero incidenti e zero scorte.

Il WCM possiede una struttura costituita da dieci pilastri tecnici [9] e da dieci criteri gestionali: ciascuno di essi è sostenuto da un team ed è sviluppato in sette step, ciascuno dei quali prevede una serie di attività da portare a termine e che conducono al progressivo miglioramento dell'attività.

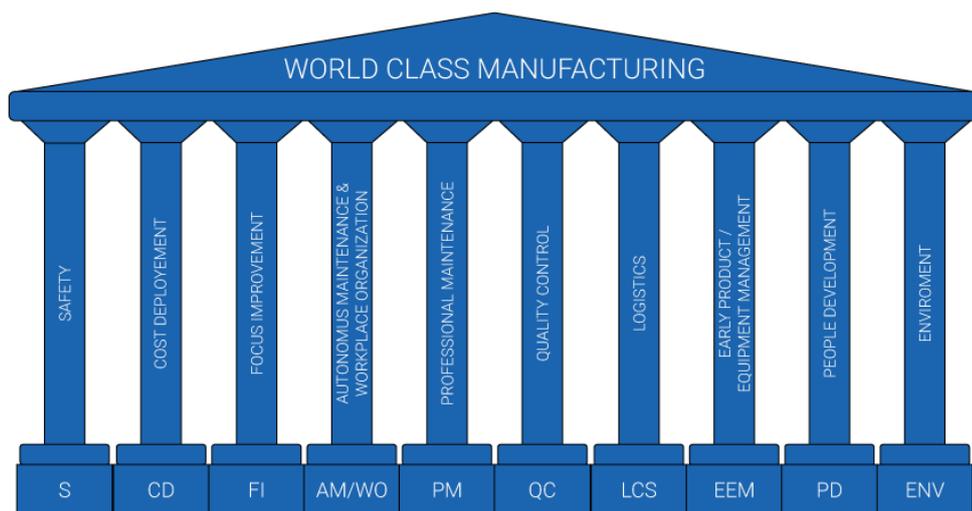


Figura 5 - Tempio del WCM [10]

Le attività di ciascun pilastro sono organizzate in tre fasi:

- fase reattiva – capacità di reagire a un evento senza averlo previsto. Il piano di azione dovrà essere creato e applicato solo dopo che la problematica si è presentata;
- fase preventiva – capacità di analizzare una problematica che periodicamente si presenta, capirne le cause di origine e saper applicare i correttivi necessari affinché tale problematica non si ripresenti in futuro;
- fase proattiva – capacità di organizzazione mirata a prevedere le problematiche future e alla pianificazione di azioni che possano contrastarle anticipatamente.

Il WCM promuove il coinvolgimento delle persone affinché tutti i membri dei team possano sentirsi chiamati in causa ad affrontare le problematiche e possano dare il loro contributo nell'ottica di raggiungere lo scopo comune. La diretta conseguenza di ciò è la crescita professionale delle persone, che attraverso l'approccio metodologico alle problematiche possono ampliare il proprio bagaglio tecnico e affinare le tecniche di problem solving. Una importante peculiarità del metodo WCM è inoltre quella della classificazione delle attività: dalle analisi condotte sui vari problemi si sceglie quale di essi aggredire per primo in funzione della concreta possibilità che tale attività dia un ritorno economico rapido e sicuro. Di seguito è riportata una breve descrizione di quelli che sono i dieci pilastri tecnici del WCM [9].

### *1.5.1 Safety*

Il pilastro tecnico Safety si occupa di migliorare l'ambiente di lavoro e di eliminare le condizioni che potrebbero causare incidenti o infortuni. Questi sono infatti causati da situazioni rischiose o comportamenti pericolosi.

L'obiettivo del Safety è dunque quello di azzerare gli infortuni attraverso un approccio mirato a:

- prevenzione degli incidenti: rilevazione, segnalazione, analisi ed eliminazione di qualsiasi elemento che ha causato o che avrebbe potuto causare l'incidente;
- sviluppo di una cultura della prevenzione.

I sette step del Safety sono:

1. Analisi degli infortuni e delle cause di infortunio
2. Contromisure ed estensione ad aree simili
3. Standard iniziali di sicurezza (lista di tutti i problemi)
4. Ispezione generale per la sicurezza (addestramento e formazione)
5. Ispezione autonoma (contromisure preventive)
6. Standard autonomi di sicurezza
7. Piena implementazione del sistema di gestione della sicurezza

I primi tre step riguardano l'approccio reattivo, il quarto e quinto step riguardano l'approccio preventivo ed infine gli step sei e sette riguardano l'approccio proattivo.

### *1.5.2 Cost Deployment*

Il pilastro tecnico Cost Deployment introduce un metodo che mette in connessione l'individuazione delle aree da migliorare e i risultati delle performance. Questi ultimi vengono ottenuti sviluppando gli altri pilastri tecnici e sono monitorati attraverso specifici KPI. La capacità fondamentale del Cost Deployment è quella di trasformare gli sprechi e le inefficienze in costi. Esso costituisce quindi uno strumento utile e affidabile per la programmazione del budget ed è pertanto la "bussola" che orienta le decisioni e le azioni verso le aree dove sono individuate le principali voci di perdita o di spreco e che quindi condurrebbero a un maggiore incremento di efficienza se eliminate.

I sette step del Cost Deployment sono:

1. Identificazione dei costi di trasformazione dello stabilimento
2. Identificare i costi e le perdite da un punto di vista qualitativo
3. Separare le perdite causali da quelle risultanti
4. Calcolare i costi di perdite e sprechi
5. Identificare i metodi per il recupero di perdite e sprechi
6. Stimare i costi di miglioramento e della riduzione di perdite e sprechi
7. Stabilire e implementare il piano di miglioramento

I primi quattro step sono costituiti dalle attività preliminari che servono a identificare le attività prioritarie da aggredire negli step successivi. In particolare i primi tre step rappresentano la fase di calcolo delle perdite, il quarto e il quinto step rappresentano la pianificazione delle azioni da intraprendere attraverso l'analisi dei costi e del miglioramento dei KPI analizzati. Il sesto e il settimo step rappresentano invece la parte di analisi e monitoraggio dei risultati delle azioni in termini di risparmio economico prodotto e di miglioramento dei KPI.

### 1.5.3 Focus Improvement

Il Focus Improvement si occupa delle azioni volte a contrastare le grandi perdite che sono state evidenziate dal Cost Deployment e quindi caratterizzate da un forte impatto economico e sui KPI di stabilimento.

Il pilastro si basa su un approccio focalizzato ai problemi: a fronte di una problematica, intesa come deviazione da una condizione standard, non si imposta semplicemente una soluzione per arginare il problema nel puntuale bensì si instaura un ciclo di analisi che mira ad eliminare le cause della deviazione o per introdurre un nuovo standard in ottica di miglioramento.

Il Focus Improvement si basa sull'applicazione del ciclo di miglioramento PDCA, articolato in quattro passaggi:

- P – Plan. Comprensione del problema, identificazione delle cause, delle soluzioni e definizione delle priorità
- D – Do. Applicazione delle soluzioni
- C – Check. Verifica dell'efficacia delle soluzioni applicate
- A – Act. Standardizzazione delle soluzioni applicate e diffusione su aree che presentano problematiche simili a quelle riscontrate in fase di Plan

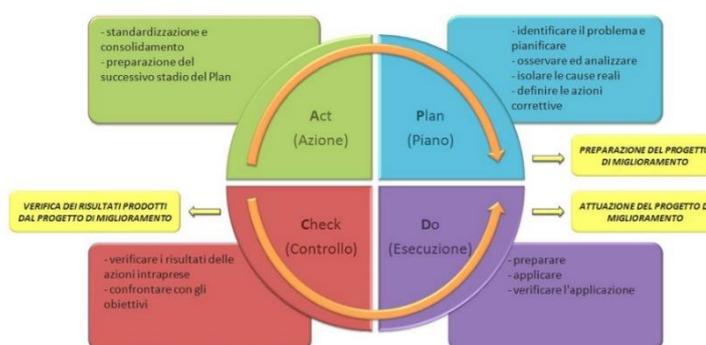


Figura 6 - Ciclo PDCA [11]

Le azioni focalizzate alla soluzione del problema sono svolte utilizzando una serie di strumenti. La scelta di quale strumento utilizzare è influenzata dalla complessità del problema: esistono dunque strumenti più complessi e strumenti più semplici.

Essi sono:

- 5G – metodo che si basa sull’osservazione dei fatti attraverso l’uso dei cinque sensi. L’osservazione deve essere effettuata direttamente sul luogo del problema e ha come scopo quello di ripristinare le condizioni di base;
- 5 Whys – metodo che ha lo scopo di identificare la causa del problema attraverso l’applicazione iterativa della domanda “perché?”. Ogni “perché?” scaturisce dalla risposta data al “perché?” precedente;
- EWO (Emergency Work Order) – strumento di analisi di un guasto relativo all’intervento di risoluzione e finalizzato alla ricerca della causa radice, delle misure da attuare per la sua eliminazione e delle azioni per il mantenimento dello standard;
- Analisi 4M – metodo di classificazione delle voci di perdita sulla base delle loro cause. Queste possono essere: Man (persone); Material (materiale); Machine (macchina) e Method (metodo).

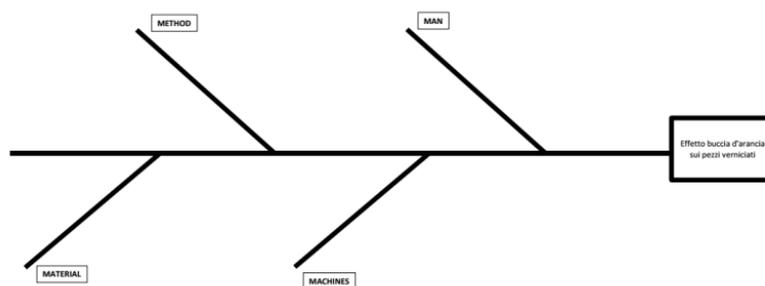


Figura 7 - Scomposizione problema tramite metodo delle 4M e costruzione del diagramma di Ishikawa [12]

- Quick Kaizen – strumento che utilizza il ciclo PDCA e che può avvalersi degli strumenti precedenti nella fase di Plan. Questo strumento viene utilizzato per l’approccio a problemi semplici da singole persone o da team di massimo due persone;
- Major Kaizen – strumento che, come il Quick Kaizen, utilizza il ciclo PDCA ma che viene utilizzato per l’approccio a problematiche più serie. Necessita di team di almeno cinque/sei persone;

- PPA (Processing Point Analysis) – metodo di risoluzione utilizzato per criticità sistemiche e molto complesse, dove le cause sono molteplici e interconnesse tra loro e risulta quindi difficile definire un rapporto di causa effetto lineare.

I sette step del Focus Improvement sono:

1. Definizione dell'area o della macchina campione
2. Stratificazione delle perdite
3. Scelta del tema
4. Project Team
5. Attività di progetto con identificazione del corretto strumento di risoluzione
6. Analisi costi/benefici
7. Follow – up ed espansione delle soluzioni

#### *1.5.4 Autonomous Activities*

Il pilastro Autonomous Activities si riferisce a tutte le attività autonome che possono riguardare: l'intervento sugli impianti viene definito dal pilastro tecnico Autonomous Maintenance, mentre l'intervento sul lavoro delle persone viene definito dal pilastro organizzativo Workplace Organization.

Autonomous Maintenance si riferisce a tutte le attività atte a prevenire guasti o microfermate sulle macchine che vengono causate dal mancato mantenimento delle condizioni di base. Gli interventi di manutenzione autonoma non richiedono specializzazione, bensì devono essere eseguiti direttamente dalle persone che lavorano sulla produzione e interagiscono quotidianamente con la macchina. Vien da sé che si tratta quindi di interventi di entità minore (es. pulizia, piccoli serraggi, controlli di pressione e temperatura, controlli di vibrazioni e rumorosità), che porteranno a miglioramenti minori o, perlomeno, al mantenimento delle condizioni di base.

I sette pilastri della Autonomous Maintenance sono:

1. Pulizia iniziale
2. Individuazione delle sorgenti di sporcizia e realizzazione delle contromisure
3. Realizzazione dello standard iniziale
4. Ispezione generale e applicazione dello standard
5. Ispezione autonoma e miglioramento dello standard
6. Formattazione del sistema di AM
7. Autogestione del sistema di AM

Il Workplace Organization integra una serie di criteri, metodi e strumenti atti alla creazione di un posto di lavoro caratterizzato da massima qualità, massima sicurezza e massimo valore. Tra queste attività figurano: ordine e pulizia della postazione di lavoro; applicazione dei principi di minima movimentazione del materiale a bordo linea; addestramento degli operatori; miglioramento delle condizioni ergonomiche.

I sette step del Workplace Organization sono:

1. Pulizia iniziale
2. Riordino del processo
3. Realizzazione dello standard iniziale
4. Formazione sulle caratteristiche di prodotto (attrezzature, strumenti di misurazione per il controllo qualità)
5. Fornitura dei materiali Just In Time e bilanciamento della linea
6. Miglioramento dello standard iniziale
7. Implementazione dello standard in modo da uniformare la qualità

### *1.5.5 Professional Maintenance*

Il pilastro Professional Maintenance si riferisce a tutte le attività di manutenzione, eseguite dal team di manutenzione specializzato, che mirano all'annullamento delle voci di guasto o microfermata sulla macchina e ottenere dei risparmi, allungando la vita della macchina stessa.

I sette step del Professional Maintenance sono:

1. Eliminazione e prevenzione del processo di degradazione accelerato
2. Breakdown Analysis
3. Definizione dello standard manutentivo
4. Contromisure sulle criticità della macchina e allungamento della vita media dei componenti
5. Costruzione di un Sistema di Manutenzione Preventiva Ciclica
6. Costruzione di un Sistema di Manutenzione Predittiva
7. Gestione dei costi di manutenzione e creazione di un Sistema di Manutenzione Migliorativa

### *1.5.6 Quality Control*

Il pilastro del Quality Control introduce il concetto di qualità non più riferito al solo Ente Qualità, bensì riferito a tutti gli enti che concorrono alla creazione del prodotto: la produzione, l'ingegneria di produzione, i fornitori e gli addetti agli acquisti. L'obbiettivo è quindi quello di eliminare le perdite per qualità non investendo su controlli e delibere, che costituiscono un costo, ma andando ad analizzare voci di perdita e risalire alle cause direttamente all'interno del processo produttivo ("built in quality at the process").

I sette step del Quality Control sono:

1. Studio delle condizioni attuali
2. Ripristino e miglioramento degli standard operativi

3. Analisi dei fattori di perdita cronici
4. Riduzione ed eliminazione di tutte le cause di perdita croniche
5. Identificazione delle condizioni ideali per la produzione con zero difetti
6. Mantenimento delle condizioni ideali
7. Miglioramento dei metodi per il mantenimento delle condizioni ideali

### *1.5.7 Logistics*

Il pilastro Logistics si occupa di affrontare il tema della logistica in maniera trasversale rispetto a tutta la realtà aziendale, a partire dalla gestione dei flussi di approvvigionamento dei materiali da fornitori esterni, passando per il flusso dei semilavorati lungo la linea di produzione per poi arrivare ai flussi di distribuzione del prodotto finale verso il cliente. Gli scopi di Logistics sono quindi:

- aumento della soddisfazione del cliente (incremento di qualità e ottimizzazione dei tempi di consegna);
- riduzione i costi di capitale investito nella linea di produzione;
- riduzione dei costi di movimentazione del materiale.

I sette step del pilastro Logistics sono:

1. Re ingegnerizzazione delle linee atta a soddisfare il cliente
2. Riorganizzazione della logistica interna
3. Riorganizzazione della logistica esterna
4. Livellamento della produzione
5. Miglioramento delle logistiche interna ed esterna
6. Integrazione delle reti di vendita, di produzione e di acquisto
7. Adozione di una programmazione a sequenza – tempo prefissato

### *1.5.8 Early Equipment Management*

Il pilastro Early Equipment Management affronta il tema della gestione dell'impianto. Quest'ultima deve affrontare diverse problematiche, passando dalla produzione fino ad arrivare alla gestione degli interventi di manutenzione. Le problematiche causano delle perdite, intese come aumenti dei costi dell'impianto. In quest'ottica il pilastro si prefissa i seguenti obiettivi:

- massimizzare la qualità del prodotto attraverso il design per la qualità;
- minimizzare i costi;
- minimizzare i lead time;
- aumentare la flessibilità dell'impianto;
- garantire la sicurezza e la facilità di esecuzione delle operazioni di conduzione delle macchine;
- garantire l'affidabilità e la manutenibilità dell'impianto.

I sette step dell'Early Equipment Management sono:

1. Pianificazione
2. Stesura del progetto di massima
3. Stesura del progetto nel dettaglio
4. Costruzione
5. Installazione
6. Prove di produzione
7. Avviamento

### *1.5.9 People Development*

Il pilastro People Development affronta il tema della formazione e dello sviluppo professionale delle persone all'interno dell'azienda. Questo tema è fondamentale nella creazione di vantaggio competitivo per l'azienda, in quanto lo sviluppo stesso del metodo WCM dipende dalle skills delle persone e dal loro coinvolgimento. In questo senso gli obiettivi di questo pilastro sono:

- azzerare gli errori umani;
- sviluppare le professionalità tecniche;
- formare gli operatori affinché siano in grado di eseguire gli interventi di manutenzione autonoma;
- formare gli operatori affinché applichino correttamente le procedure di Quality Control;
- motivare le persone e indirizzarle verso l'approccio al miglioramento continuo.

I sette step del People Development sono:

1. Definizione dei principi e delle priorità
2. Definizione del sistema di formazione iniziale
3. Realizzazione di progetti semplici propedeutici allo sviluppo delle competenze
4. Revisione del sistema di formazione al fine di identificare gli esperti
5. Definizione di un piano di crescita per lo sviluppo delle competenze esperte
6. Sviluppo di competenze specifiche
7. Valutazione continua

### *1.5.10 Environment*

Il pilastro Environment si occupa dell'analisi dell'insieme di tutte le attività svolte nell'ottica di valutarne gli aspetti e gli impatti ambientali. Gli obiettivi sono quindi quelli di adottare una serie di azioni che volgano a ridurre gli impatti sull'ambiente generati dalle realtà produttive, nell'osservanza di quelle che sono le normative vigenti, nell'ottica del risparmio energetico e della responsabilità civile.

Gli obiettivi sono quindi:

- riduzione delle emissioni e dell'inquinamento;
- riduzione del consumo di risorse energetiche e idriche;
- riduzione della produzione di rifiuti e miglioramento della raccolta differenziata.

I sette step dell' Environment sono:

1. Comprensione della legislazione locale e dei regolamenti vigenti
2. Attuazione delle contromisure atte a contrastare le sorgenti di contaminazione
3. Preparazione degli standard provvisori, espansione delle contromisure definite allo step 2 e istituzione di audit da parte della direzione
4. Controllo di sostanze chimiche, risparmio energetico e di risorse
5. Istituzione di un sistema di gestione ambientale e sistema di supporto
6. Istituzione di un sistema per la riduzione dell'impatto ambientale, riduzione dell'impatto ambientale in logistica e ricercare l'acquisto di materiali a basso impatto ambientale
7. Utilizzo del piano di gestione ambientale per la creazione di uno stabilimento modello

## 1.6 FPT Industrial

La FPT Industrial S.p.A. è una società italiana, parte di Iveco Group, che opera nel settore dei trasporti industriali e agricoli per quanto riguarda la progettazione, la produzione e la vendita di motori, trasmissioni e tecnologie.

La società è stata fondata nel 2011 a seguito della scissione dei settori industriale e agricolo di Fiat Group, che sono confluiti nel nuovo gruppo Fiat Industrial. La fusione di Fiat Industrial con il gruppo CNH Global nel 2012 ha portato alla creazione del gruppo CNH Industrial, il quale nel 2022 ha ceduto le attività relative ai veicoli industriali a Iveco Group.

### 1.6.1 Turin Driveline Plant

Il Driveline Plant FPT a Torino è costituito da unità operative (UO):

- Transmissions
- Axles
- Axles Assembly

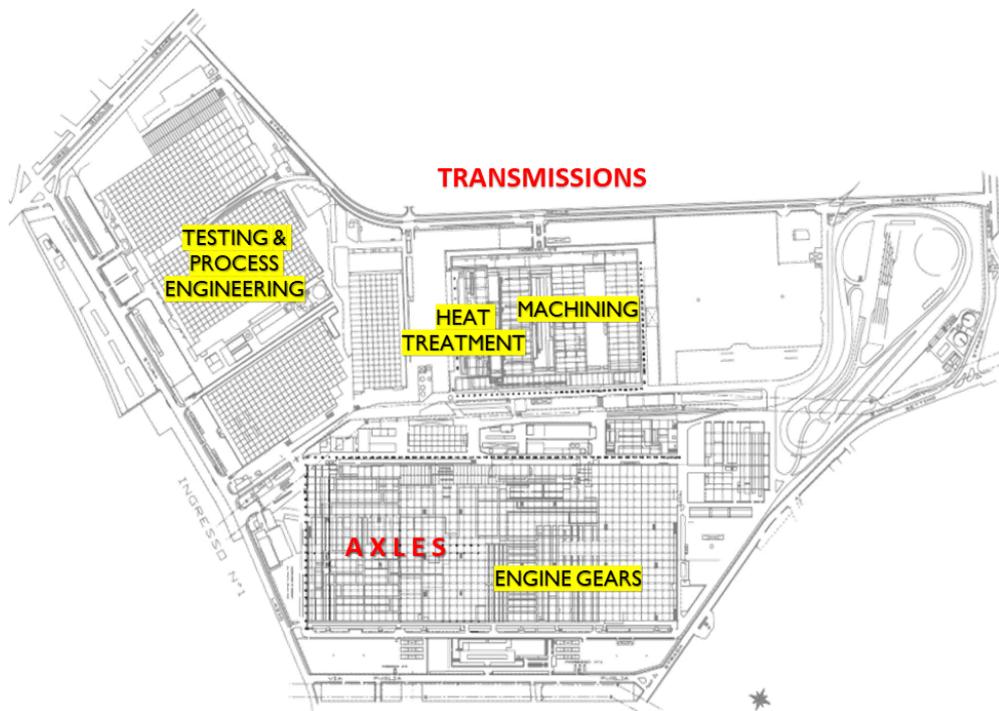


Figura 8 - FPT Turin Driveline Plant

I processi installati nello stabilimento sono rivolti alla produzione di componenti per veicoli commerciali trasporto merci e persone. I componenti, assemblati internamente, vengono spediti e poi montati per completare il veicolo in stabilimenti e sedi apposite. Nello specifico vengono prodotti:

- ponti e assali per gamme pesante e leggera;
- trasmissioni elettriche e manuali per gamma leggera.

Nel sito sono presenti varie strutture che vanno dalla progettazione alla produzione con il supporto degli enti atti a garantire ottimizzazione di processi e prodotti.

## 1.7 Operative Unit Transmissions

L'unità operativa Cambi è situata su tre capannoni, ognuno dei quali è adibito a un'attività:

- Trattamento termico
- Produzione e montaggio cambi a controllo manuale
- Montaggio cambi per il settore elettrico

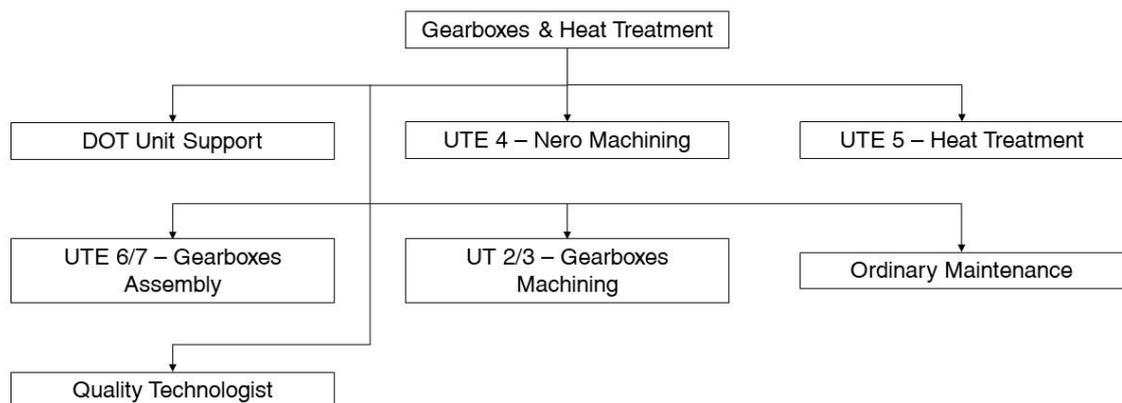


Figura 9 - Organigramma U.O. Transmissions

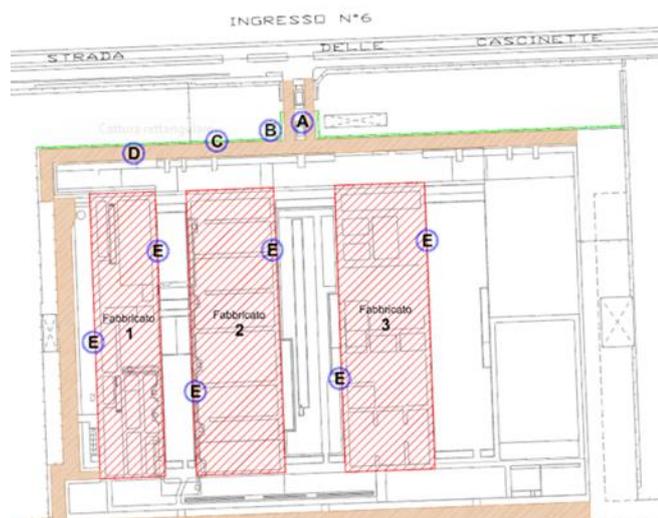


Figura 10 - Planimetria U.O. Transmissions

Attualmente l'unità operativa produce e assembla i componenti per la gamma di cambi FT50 a sei marce.

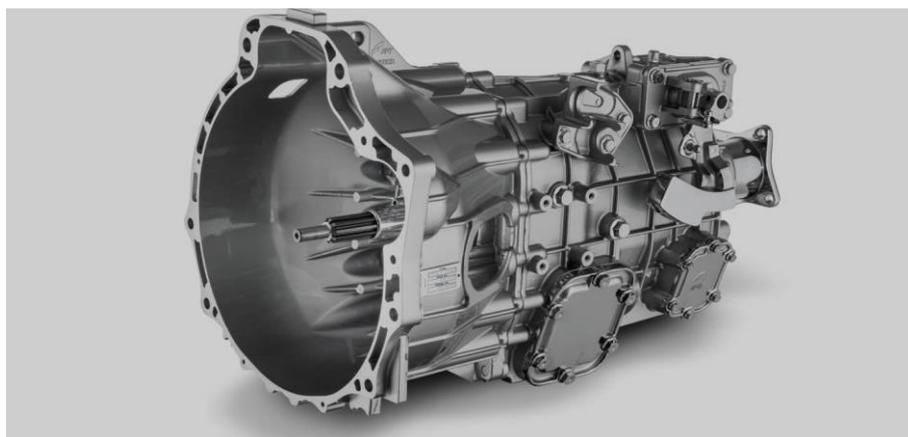


Figura 11 - Cambio FT 50.6 [14]

Il flusso inter operazione del processo di realizzazione del cambio è scomposto in attività che vengono svolte all'interno di Unità Operative Elementari (UTE):

- UTE 2. Lavorazione ingranaggi prima del trattamento termico
- UTE 3. Lavorazione alberi prima del trattamento termico
- UTE 4. Lavorazione ingranaggi e alberi dopo il trattamento termico
- UTE 5. Trattamento termico e processi speciali
- UTE 6. Preparazione
- UTE 7. Montaggio

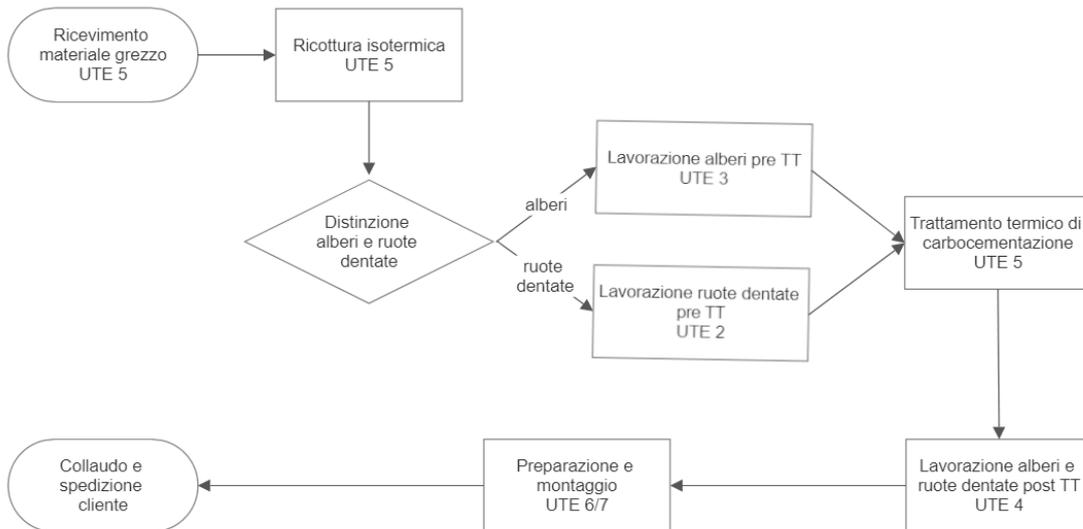


Figura 12 - Flow Chart U.O. Transmissions

Le attività di lavorazione sono svolte su tre turni di otto ore e sono automatizzate per lotti. La qualità del prodotto uscente dalla singola lavorazione viene certificata internamente dall'Ente Qualità. Le attività di manutenzione che prevedono sia interventi in emergenza sia programmati sono gestite dal reparto interno all'unità operativa.

Il processo di lavoro è descritto attraverso i seguenti sottoparagrafi.

### 1.7.1 Ricevimento e ricottura isotermica

Il materiale grezzo viene ricevuto da fornitore esterno. Quest'ultimo necessita una ricottura al fine di ridurre la durezza superficiale e permettere la lavorazione meccanica. Al termine del processo i particolari sono pronti per essere spediti nelle due UTE di lavorazione.

### 1.7.2 Lavorazione prima del trattamento termico

I particolari, dopo che hanno subito il trattamento di ricottura isotermica, vengono spediti nelle due UTE:

- UTE 2 – lavorazione ingranaggi;
- UTE 3 – lavorazione alberi.

A causa della diversa conformazione tra alberi e ingranaggi i particolari, pur subendo lo stesso tipo di processo di trasformazione, vengono lavorati in due aree distinte e separate appositamente attrezzate. I processi di trasformazione eseguiti all'interno delle UTE sono i classici processi di tornitura, dentatura a creatore, dentatura a coltello, foratura e fresatura.

Una volta eseguite le operazioni, i particolari vengono spediti nuovamente alla UTE 5 per eseguire i processi di carbocementazione e, ove previsto, di saldatura.

### *1.7.3 Carbocementazione e processi speciali*

I particolari trasformati, in funzione delle caratteristiche metallurgiche richieste, vengono sottoposti a processi di carbocementazione. Le temperature e i tempi di processo sono correlati alle caratteristiche sopracitate. Solo alcuni particolari necessitano, per vie delle loro applicazioni in esercizio, di essere sottoposti a processo di saldatura. In questi casi l'ingranaggio e l'anello di sincronizzazione vengono accoppiati mediante saldatura laser. All'interno della UTE è presente il laboratorio metallurgico ove a campione, un pezzo per lotto, viene eseguito un controllo distruttivo. Questo serve a verificare le caratteristiche metallurgiche richieste e costituisce un controllo qualità. Certificata la conformità del processo, i particolari vengono inviati alla UTE 4, dove si eseguono le operazioni di finitura.

### *1.7.4 Lavorazione dopo il trattamento termico*

Nella UTE 4 vengono rettificate:

- portate esterne per successivo assemblaggio con organi di supporto (cuscinetti e gabbie rulli);
- fori e rasamenti per gli ingranaggi;
- dentature per ingranaggi e alberi.

Al termine dei processi di rettifica i pezzi vengono inviati alla UTE 6 che si occupa della preparazione dei kit e successivamente alla UTE 7 per il montaggio e collaudo finale.

### *1.7.5 Montaggio*

La linea di montaggio segue una serie di operazioni prestabilite per l'assemblaggio dei gruppi di trasmissione e il loro inserimento all'interno della scatola del cambio. All'uscita della linea è presente un banco prova dove vengono effettuati i test di:

- ingranamento;
- tenuta;
- rumorosità.

I test vengono eseguiti simulando la messa in servizio del cambio all'interno del veicolo.

Al termine del collaudo i cambi certificati vengono spediti ai clienti per assemblaggio sul veicolo finale.

## **1.8 II DOT**

Il World Class Manufacturing è stato applicato fino al 2022, quando ci si è accorti che grazie al metodo si erano raggiunti i risultati necessari in termini di efficienza: su diverse linee si è riusciti a completare tutti e sette gli step dei pilastri e più in generale si è arrivati al mantenimento delle condizioni di base. La riflessione che si è fatta tuttavia è stata la seguente: in relazione all'obsolescenza di alcuni macchinari si è riscontrato che il perseguimento del miglioramento continuo avrebbe richiesto ingenti risorse rispetto all'incremento marginale di efficienza derivante dagli interventi. In quest'ottica l'applicazione del WCM avrebbe rischiato quindi di diventare una spesa.

L'intuizione successiva è stata dunque quella di razionalizzare il metodo WCM: partendo dal mantenimento delle condizioni di base e dello standard creato fino a quel momento si è deciso di aggredire in maniera mirata e personalizzata solo le perdite realmente incidenti su quelle che sono la sicurezza, la qualità e la creazione di non valore aggiunto.

A seguito di ciò nasce il DOT, acronimo di Driving Operations Together, come metodo il cui obiettivo è sempre quello della ricerca della perfezione attraverso la filosofia del miglioramento continuo, ma che conserva una struttura molto più snella e focalizzata rispetto al WCM.

Il DOT è costituito da:

- Field. Scorporazione dell'azienda in campi di applicazione, ognuno dei quali è caratterizzato dai propri indicatori.
- Commitment. Strumenti che hanno la funzione di aiutare ciascun Field a raggiungere i propri obiettivi attraverso il monitoraggio dei propri indicatori. In quest'ottica i KPI e i KAI vengono collegati a qualsiasi azione e ne diventano i parametri discriminanti di valutazione.

In prospettiva alla ricerca della perfezione e del miglioramento continuo il benchmarking è direttamente incorporato all'interno del DOT: le azioni vengono costantemente monitorate in modo da tenere aggiornato lo stato dei Field e poter definire in modo dinamico il nuovo standard che si intende raggiungere o mantenere.

Rimane alla base del DOT la ricerca della formazione di tutte le persone e la condivisione della mission aziendale su tutti i livelli, al fine di garantire l'adesione e il coinvolgimento nel metodo.

Grazie alla suddivisione in Field e alla personalizzazione di quelli che sono gli strumenti e gli obiettivi da raggiungere in funzione dei diversi parametri osservati, il DOT è facilmente adattabile alle diverse realtà dell'azienda, mantenendo quelli che sono i legami con la strategia aziendale d'insieme.

L'applicazione del metodo avviene attraverso l'implementazione e il monitoraggio di progetti che possono riguardare sia una crescita incrementale sia un cambiamento radicale della realtà in cui si va a operare.

I Field del DOT sono:

- Gestione della sicurezza. Azzerare il numero di eventi di incidente o di infortunio al fine di creare un ambiente di lavoro sicuro.
- Gestione della sostenibilità. Migliorare le condizioni di lavoro e ridurre l'impatto ambientale: sviluppo di una cultura green.
- Gestione della qualità. Migliorare le condizioni di processo e prevenire produzioni in non qualità.
- Gestione degli asset. Migliorare l'autonomia dei macchinari, le prestazioni degli impianti e ottenere un miglioramento della vita media dei componenti.
- Gestione dell'ambiente di lavoro. Migliorare l'efficienza produttiva attraverso interventi atti a migliorare le condizioni di ergonomia, di sicurezza e ad eliminare attività a non valore aggiunto.
- Gestione della logistica. Garantire le condizioni per la produzione Just in Time interne ed esterne allo stabilimento: riduzione scorte, saturazione linee e minime movimentazioni di materiali.
- Gestione dei nuovi prodotti. Migliorare la definizione del prodotto: riduzione dei tempi di lancio sul mercato, massima qualità e ottimizzazione dei sistemi produttivi.
- Gestione delle nuove attrezzature. Utilizzare macchine di facili uso, manutenzione e ispezione, prevenire eventuali guasti o microfermate e elaborare concetti per il miglioramento delle attività di processo.
- Digitalizzazione. Innovare i processi aziendali attraverso le nuove tecnologie e pratiche digitali.
- Sistema di gestione. Aumentare il coinvolgimento a tutti i livelli e promuovere il concetto di miglioramento continuo.

I Commitment sono invece:

- Sicurezza
- Risultati
- Miglioramento continuo
- Persone
- Ambiente
- Qualità
- Macchine
- Processi
- Logistica
- Prodotto
- Tecnologie

I tool che si sono appresi e sono stati applicati attraverso i metodi TPM prima, e WCM successivamente, sono in buona parte gli stessi che vengono utilizzati attraverso il DOT.

## Capitolo 2

L'adozione di un approccio focalizzato attraverso il metodo DOT, rispetto all'approccio sistemico tipico del WCM, ha reso necessario creare degli obiettivi specifici.

Mentre con il WCM l'obiettivo era il miglioramento continuo e il raggiungimento dello step 7 in tutte le fasi del processo, oggi bisogna definire quale processo mantenere al suo attuale livello di standard e quale processo deve progredire per garantire la creazione di valore economico. A tale scopo si è sviluppata un'analisi che evidenziasse tutto ciò che mettesse a rischio, da un punto di vista economico, l'azienda.

Si è pensato a una nuova classificazione dei macchinari: mentre con il WCM la valutazione della macchina era fortemente inficiata dallo step raggiunto per i vari pilastri, ora ogni macchina viene valutata in funzione dell'impatto economico sul processo produttivo nel suo complessivo.

### 2.1 Matrice di rischio e Economic Impact

Il primo step per la classificazione delle macchine è stato la creazione in Microsoft Excel di una matrice che definisse:

- lo stato della macchina, inteso come valutazione della sua condizione e dell'influenza che un guasto avrebbe su di essa;
- l'influenza che il guasto avrebbe sul processo.

Alle due voci vengono assegnati dei valori numerici in una scala che va da uno a cinque. Questi valori numerici sono funzioni delle diverse sotto voci che vengono valutati singolarmente per ciascuna macchina.

Targa macchina										
Stato macchina										
Obsolescenza			Qualità			Maintenance skills				
1	bassa		1	nessuno		1	interna + esterna		1	nessuno
2	media		2	solo su interoperazionale		2	interna		2	micro fermi
3	alta		3	su prodotto finito		3	esterna		3	fermo produttivo
4						4	no interna no esterna			
5										

Influenza sul processo									
MorB		Collo di bottiglia			Volumi		T' ciclo		
1	Back-up 100%	1	no		1	1 turno	1	>3 min	
2	MorB parziale/ MorB 100%/ Back-up	2	si		2	2 turni	2	1,5< min < 2,99	
3	No MorB: ribilanciamento				3	3 turni	3	<= 1,4 min	
4	No MorB: macchina singola								

Figura 13 - Matrice di rischio

Lo stato della macchina viene valutato in funzione di:

- **Obsolescenza.** Capacità di reperire la ricambistica necessaria al mantenimento della macchina stessa nel tempo e il costo, indiscriminatamente dall'età stessa della macchina. Può essere alta, media o bassa.
- **Qualità.** Influenza di un guasto sulla produzione di materiale non conforme. Nel caso di revisioni, per esempio, non esiste un guasto causa di fermata macchina ma esiste la probabilità che la macchina produca pezzi non conformi. Se la non conformità viene generata su una quota inter operazionale si hanno ancora le lavorazioni successive per correggerla, mentre se l'impatto è su una quota finita la fermata sarà bloccante da un punto di vista qualitativo. Non si valuta la gravità della non conformità ma la probabilità che essa influisca su una quota dell'elemento finito. L'incidenza su una quota finita inciderà in maniera predominante per la valutazione della Probabilità, che assumerà valore massimo.
- **Maintenance skills.** Capacità di intervenire sulla macchina in caso di guasto o fermo. La manutenzione che richiede la macchina può essere reperita sia esternamente che internamente, solo internamente, solo esternamente o non può essere reperita in alcun modo, perché troppo specifica.

Si considera inoltre il tipo di fermata che la macchina causerebbe al processo: nessuno (si parla in questo caso di macchina di back-up), una micro fermata o un fermo produttivo.

L'influenza sul processo viene valutato in funzione di:

- **Make or buy.** Possibilità di aiuto officina nella costruzione del particolare interessato da un'eventuale fermata della macchina. Si può avere possibilità di spostare interamente la produzione del particolare presso fornitore esterno, possibilità di sopperire una parte della produzione come aiuto officina e la rimanenza con altre macchine all'interno dell'officina, necessità di ribilanciare la linea di produzione: nel caso di lavorazioni specifiche dove si hanno più macchine a disposizione ma non è possibile trovare un fornitore esterno, il guasto della singola macchina potrebbe produrre un rallentamento. Infine si può avere la situazione in cui la lavorazione specifica viene eseguita sulla singola macchina e non è possibile trovare un fornitore esterno. La ricerca di un fornitore esterno e di conseguenza l'aiuto officina deve essere valutato anche in funzione della differenza di costo che questi produrrebbero.
- **Collo di bottiglia.** Si valuta la saturazione della singola macchina, caratteristica intrinseca alla sua capacità produttiva.
- **Carico macchina.** Si valuta quanti turni di lavoro sulla macchina sono necessari alla produzione giornaliera. Nel caso in cui siano necessari degli extra turni nel fine settimana per garantire la produzione giornaliera, la macchina viene definita "collo di bottiglia".
- **Tempo ciclo.** Si valuta il tempo per la trasformazione del prodotto in intervalli temporali. Maggiore è il tempo ciclo richiesto dalla macchina, maggiore sarà l'incidenza della valutazione sulla definizione della gravità.

L'incrocio dei due valori attribuiti alle due voci restituisce una valutazione in tabella dove sono graficamente evidenziate le zone di rischio della macchina.

EI		Influenza processo				
		1	2	3	4	5
Stato macchina	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

Figura 14 - Classificazione macchina e Economic Impact

Le zone contrassegnate dal colore verde indicano uno stato della macchina non critico e che, nel caso in cui si presenti un guasto, la fermata della macchina avrà poca influenza sul processo. Le zone contrassegnate dal colore giallo indicano uno stato mediamente critico della macchina e una media influenza sul processo della stessa in caso di guasto. Guasti e fermate su macchine vengono valutate in questa zona potrebbero causare dei rallentamenti dei processi a monte, ma non vanno a impattare sul processo a valle, che nella situazione specifica della UO Transmissions è il montaggio, che costituisce il fatturato. Le zone contrassegnate dal colore rosso indicano uno stato critico della macchina e una rilevante influenza sul processo. Il risultato di un guasto su una macchina che rientra in questa zona di classificazione potrebbe essere la generazione di una perdita di fatturato (impatto sul montaggio). In quest'ultima categoria rientrano macchine sovra cariche, particolarmente obsolete e che impattano fortemente sulla qualità del prodotto.

Le due valutazioni, oltre a determinare la posizione della macchina nella matrice, sono utilizzate per il calcolo dell'Economic Impact. Questo è riportato in alto a sinistra nella tabella e viene calcolato come prodotto dei due fattori e dell'incidenza che ciascun processo ha sull'unità tecnica di appartenenza. L'indicatore viene riportato in forma percentuale.

Al crescere del valore dell'Economic Impact cresce il costo che l'azienda dovrà affrontare qualora la macchina analizzata dovesse incorrere in guasti o fermate.

La valutazione della matrice di rischio e dell'Economic Impact rappresentano delle informazioni che influenzano e vengono influenzate dalle attività che si svolgono su una macchina: definire una macchina "critica" porterà maggiore attenzione sulle attività che la macchina richiede e l'intervento comporterà un cambiamento delle condizioni dello stato della macchina, del suo impatto all'interno del processo o di entrambe le voci. Di conseguenza la valutazione della macchina cambierà e cambierà il suo Economic Impact in una valutazione successiva.

## 2.2 Financial Risk

Lo studio dell'effetto che una problematica sulla macchina potrebbe avere sulla macchina stessa e sul processo, inteso come generazione di una perdita economica, è un aspetto che deve essere abbinato all'analisi dell'investimento necessario a intervenire sulla macchina stessa. Si parla in questo caso di Financial Risk, ossia il rischio in termini di liquidità aziendale legato a un investimento. Quest'ultimo può essere influenzato da diversi fattori e incertezze legate alle operazioni aziendali e ai mercati finanziari.

In precedenza la valutazione di un investimento veniva semplicemente fatta sulla base del rapporto tra benefici (saving) e costi: un investimento che producesse un indice inferiore a uno (costi maggiori rispetto ai benefici) veniva realizzato solo se riguardante sicurezza o qualità.

Introducendo il concetto di Financial Risk, si introduce anche la valutazione del possibile recupero preventivo di una eventuale perdita in un arco temporale definito.

Al fine di esplicitare l'applicazione del metodo di valutazione sono presentati nel seguito tre esempi, ciascuno dei quali riporta uno specifico inquadramento nella matrice di rischio della macchina.

Gli esempi di investimento riporteranno tutti un rapporto benefici/costi sfavorevole e si valuteranno il rischio finanziario e l'incidenza dell'impatto economico in un arco temporale pari a un anno.

Al fine di preservare la riservatezza riguardo il costo interaziendale del prodotto assemblato si è considerato un costo pari a 100 €. Tutti gli altri valori sono stati ottenuti in proporzione al costo ipotizzato.

*2.2.1 Analisi di investimento su macchina non critica*

Si consideri una macchina con possibilità di reintegro del materiale attraverso attività di back-up al 100% e che non costituisce un collo di bottiglia per le operazioni successive. Il suo Economic Impact sarà molto basso, in questo caso pari al 16%.

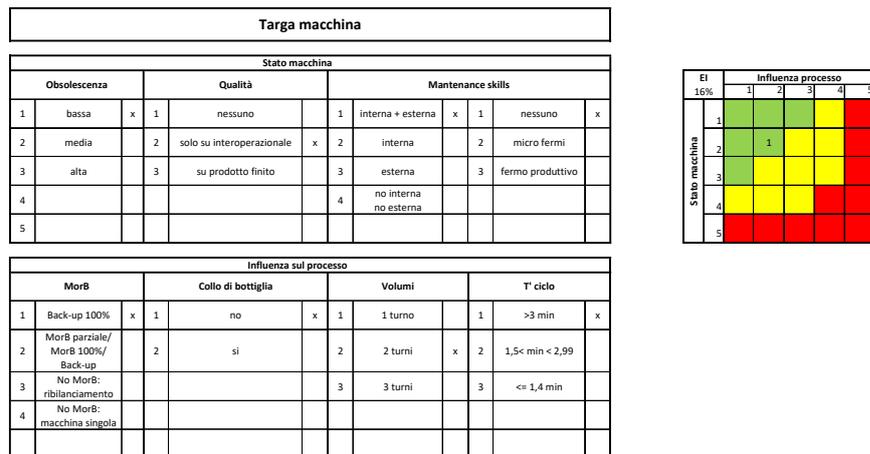


Figura 15 - Matrice di rischio (macchina non critica)

Si ipotizza una proposta di investimento pari a 4094,6 € che produrrebbe un saving pari a 2729,7 €, con conseguente rapporto benefici/costi pari a 0,67.

Si considerano infine una richiesta giornaliera del prodotto finale pari a 310 unità e 226 giorni lavorativi nell'anno.

Costo unità assemblata [€/unità]	Costo MorB [€/unità]	MorB parziale/ Back-up			% perdita per ribilanciamento
		% MorB parziale	% produzione back-up	% ribilanciamento back-up	
100 €	1 €				

Richiesta giornaliera produzione	Giorni lavorativi anno	Financial Risk (anno)					Stato macchina	Influenza processo	EI	B/C
		Investimento [€]	Saving [€]	MorB [€]	Perdita fatturato [€]	Totale perdite [€]				
310	226	4,095 €	2,730 €	0 €	0 €	0 €	2	2	16%	0.67

Figura 16 - Proposta di investimento (macchina non critica)

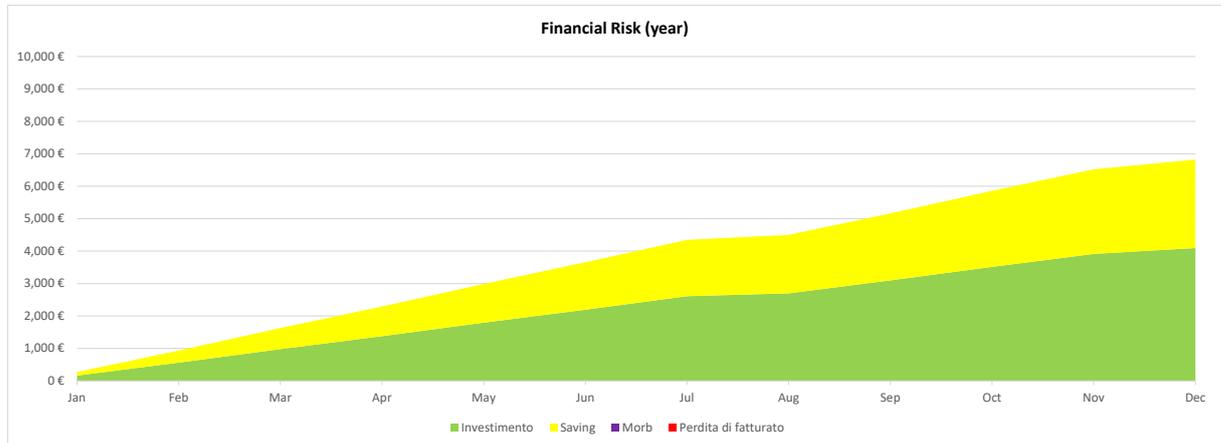


Figura 17 - Financial Risk (macchina non critica)

Come si evince dal grafico, non si hanno perdite di fatturato o legate a aiuti officina in quanto la produzione può essere completamente assorbita dalle attività di back-up. In questo caso l'investimento può essere descritto dal solo rapporto benefici/costi e, poiché quest'ultimo risulta inferiore all'unità, si può decidere di non intervenire al momento sulla macchina, rimandando l'investimento e concentrandosi su macchine più critiche.

2.2.2 Analisi di investimento su macchina mediamente critica

Si consideri una macchina con percentuale di reintegro della mancata produzione attraverso aiuto officina pari al 3% e attraverso attività di back-up pari al 97%. La macchina in questo caso sarà caratterizzata da un Economic Impact pari al 36%.

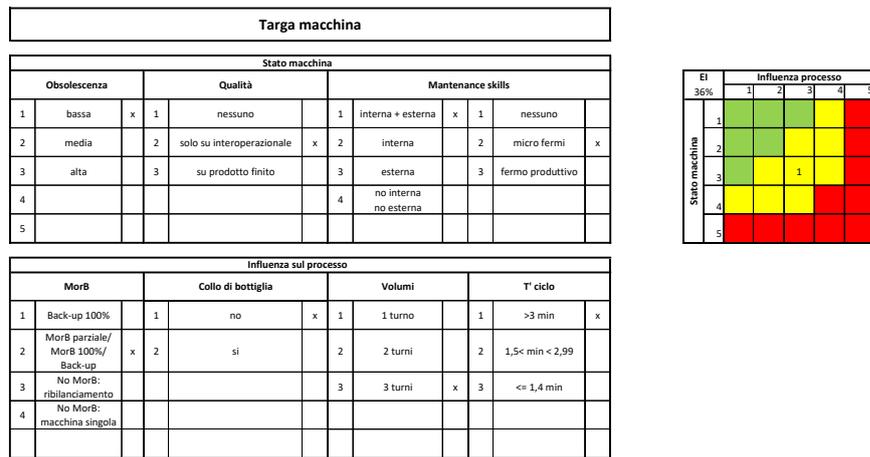


Figura 18 - Matrice di rischio (macchina mediamente critica)

Nel caso in cui il guasto si verifichi sulla macchina le perdite saranno legate all'aiuto officina che, considerando un costo di 0,91 €/unità, sono pari a 1913 €/anno.

La proposta di investimento è la medesima considerata nel caso precedente.

Costo unità assemblata [€/unità]	Costo MorB [€/unità]	MorB parziale/ Back-up			% perdita per ribilanciamento
		% MorB parziale	% produzione back-up	% ribilanciamento back-up	
100 €	1 €	3.0%	97.0%	0.0%	

Richiesta giornaliera produzione	Giorni lavorativi anno	Financial Risk (anno)					Stato macchina	Influenza processo	EI	B/C
		Investimento [€]	Saving [€]	MorB [€]	Perdita fatturato [€]	Totale perdite [€]				
310	226	4,095 €	2,730 €	1,913 €	0 €	1,913 €	3	3	36%	0.67

Figura 19 - Proposta di investimento (macchina mediamente critica)

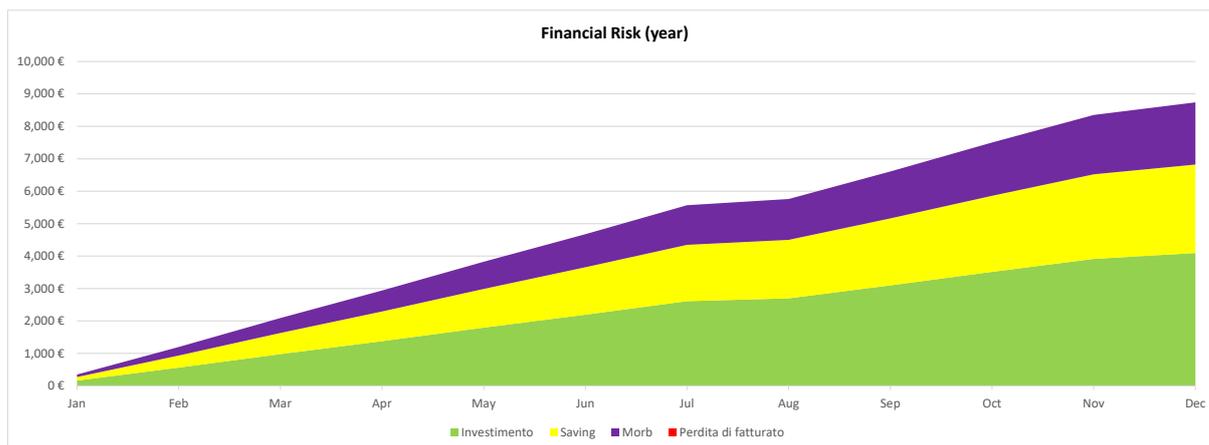


Figura 20 - Financial Risk (macchina mediamente critica)

In questo caso, nonostante il rapporto benefici/costi sia inferiore all'unità, la proposta di investimento acquisisce rilevanza in quanto il saving è in grado di assorbire completamente l'eventuale perdita.

Si considera inoltre che un investimento, quando eseguito su una macchina, è orientato a migliorare uno o più aspetti della matrice di rischio (es. intervento su qualità, su obsolescenza, su tempi ciclo e quindi turni impiegati). Ne consegue che l'ulteriore vantaggio legato all'investimento sarà il calo dell'Economic Impact della macchina, dettato dalla diminuzione o della probabilità o della gravità.

### 2.2.3 Analisi di investimento su macchina critica

Si consideri una macchina la cui produzione non può essere reintegrata da aiuto officina, ma attraverso attività di ribilanciamento della produzione uscente per una quota pari al 2%.

La conseguenza del ribilanciamento comporta una perdita di fatturato, che in questo è pari a 140.120 €/anno.

La macchina sarà caratterizzata da un Economic Impact pari all'80%.

La proposta di investimento è la medesima considerata nei due casi precedente.

Targa macchina										
Stato macchina										
Obsolescenza		Qualità			Maintenance skills					
1	bassa		1	nessuno	1	interna + esterna	x	1	nessuno	
2	media	x	2	solo su interoperazionale	2	interna		2	micro fermi	x
3	alta		3	su prodotto finito	x	3	esterna	3	fermo produttivo	
4					4	no interna no esterna				
5										

Influenza sul processo									
MorB		Collo di bottiglia		Volumi		T' ciclo			
1	Back-up 100%		1	no	1	1 turno	1	>3 min	x
2	MorB parziale/ MorB 100%/ Back-up		2	si	x	2	2 turni	2	1,5< min < 2,99
3	No MorB: ribilanciamento	x			3	3 turni	x	3	<= 1,4 min
4	No MorB: macchina singola								

EI 80%	Influenza processo				
	1	2	3	4	5
1	Green	Green	Yellow	Red	Red
2	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
3	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
4	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
5	Red	Red	Red	Red	Red

Figura 21 - Matrice di rischio (macchina critica)

L'analisi del Financial Risk in questo caso non solo mostra che l'investimento deve essere fatto per scongiurare l'eventuale perdita di fatturato, bensì impone l'analisi di tutti gli indicatori necessari a definire le criticità della macchina. Queste ultime richiederanno ulteriori investimenti al fine di garantire un calo dell'Economic Impact.

Costo unità assemblata [€/unità]	Costo MorB [€/unità]	MorB parziale/ Back-up			% perdita per ribilanciamento
		% MorB parziale	% produzione back-up	% ribilanciamento back-up	
100 €	1 €				2%

Richiesta giornaliera produzione	Giorni lavorativi anno	Financial Risk (anno)				Stato macchina	Influenza processo	EI	B/C	
		Investimento [€]	Saving [€]	MorB [€]	Perdita fatturato [€]					Totale perdite [€]
310	226	4,095 €	2,730 €	0 €	140,120 €	140,120 €	5	4	80%	0.67

Figura 22 - Proposta di investimento (macchina critica)

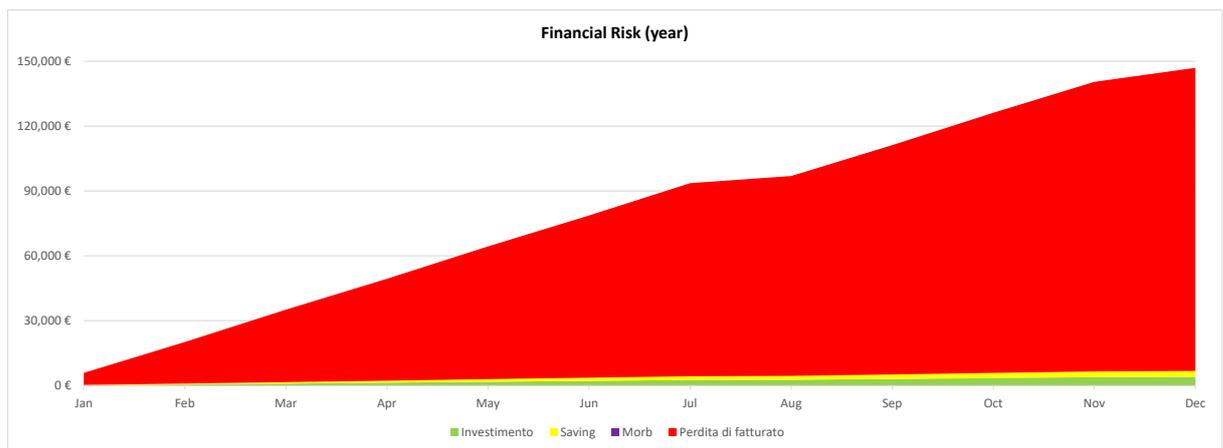


Figura 23 - Financial Risk (macchina critica)

## 2.3 KPI Deployment

Nei paragrafi precedenti si sono definiti i criteri coi quali si è scelto di analizzare l'incidenza economica della singola macchina rispetto alla linea e degli investimenti richiesti qualora fosse necessario intervenire su quest'ultima. Lo step successivo dell'analisi è stato quello di scegliere gli indicatori che permettessero di analizzare in modo puntuale e dinamico le prestazioni della macchina.

Si definiscono indicatori chiave di performance<sup>4</sup> le metriche che misurano l'andamento di un processo rispetto a obiettivi prefissati [15]. Essi vengono definiti durante la pianificazione della strategia aziendale in funzione di quelli che sono gli obiettivi che l'azienda si pone e di parametri che possono essere misurati.

Ciascuna realtà o strategia aziendale può richiedere KPI differenti [16], i quali dovranno quindi essere scelti sulla base delle proprie esigenze e del proprio campo di monitoraggio.

Un KPI deve essere **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**]:

- rilevante e funzionale durante il processo decisionale;
- significativo, ossia deve mostrare in modo chiaro i progressi che l'azienda sta facendo;
- continuativo, ossia deve essere possibile effettuare un'analisi regolarmente in modo da monitorarne l'andamento;
- quantificabile, ossia deve poter essere espresso sottoforma di numero.

I KPI possono essere:

- **Consuntivi.** Restituiscono una misura relativa a un periodo passato: analisi di una performance solo dopo che essa è conclusa.
- **Predittivi.** Restituiscono una misura che offre una previsione di quelle che sono le performance attese del processo in futuro.

---

<sup>4</sup> KPI – Key Performance Indicator

La scelta dei KPI ha richiesto di definire:

- gli obiettivi che è nell'interesse della strategia aziendale ottenere e monitorare;
- il perimetro entro il quale effettuare l'analisi;
- la capacità dei KPI scelti di restare riferibili nel tempo (possibilità di effettuare analisi e confronti con i dati precedenti);
- la reattività al fine di consentire un approccio predittivo nei confronti di perdite emergenti;
- la semplicità al fine di garantire una facile comunicazione con tutte le persone all'interno dell'impianto.

Gli ambiti della performance della macchina che si vogliono indagare sono:

- la capacità produttiva della macchina;
- la qualità della produzione;
- la richiesta di interventi manutentivi.

Gli indicatori che si sono scelti per definire le prestazioni delle macchine installate all'interno dell'unità operativa sono:

- OEE per valutare l'efficienza produttiva;
- FTQ per valutare la qualità della produzione;
- MTBF e MTTR per valutare gli interventi effettuati sulle macchine.

Il KPI OEE, acronimo di Overall Equipment Efficiency, misura la produttività di una macchina o, più in generale, di un processo produttivo. Esso fornisce informazioni circa l'efficienza con cui la macchina viene adoperata.

L'OEE viene misurato tenendo conto di:

- Prestazione della macchina. Dato espresso in termini di tempo o di quantità di pezzi prodotti dalla macchina nel periodo che si sceglie di considerare per l'analisi
- Disponibilità effettiva. Dato che deve essere espresso in modo coerente rispetto alla prestazione della macchina e che indica quanto la macchina avrebbe dovuto performare idealmente

Il KPI viene calcolato come rapporto tra i due dati ed è espresso in termini percentuali.

$$OEE = \frac{\textit{prestazione}}{\textit{disponibilità effettiva}}$$

Un valore di OEE pari al 100% indica che la macchina ha performato, nell'unità di tempo considerata, al massimo di quelle che sono le sue potenzialità.

L'OEE nel caso specifico di analisi risulta essere il primo indicatore di riferimento, dalla cui valutazione si iniziano poi a scomporre le voci di perdita che hanno inficiato la performance produttiva della macchina considerata.

Il KPI FTQ, acronimo di First Time Quality, misura in termini percentuali la quantità di prodotto che non soddisfa gli standard qualitativi richiesti rispetto alla produzione totale della macchina o di un processo in generale.

Il calcolo dell'FTQ prevede non solo di considerare i pezzi di scarto che una macchina realizza, ma i pezzi non conformi. Questi ultimi includono sia i pezzi di scarto, i quali dopo aver subito la lavorazione diventano quindi pezzi da rottamare, sia i pezzi che possono necessitare una rilavorazione per essere poi considerati conformi rispetto alle caratteristiche richieste.

Il tempo di rilavorazione del materiale diventa quindi a tutti gli effetti una perdita, e quindi un costo, legata alla mancanza di qualità: il valore della produzione dei pezzi rilavorati sarà inficiato dal costo della rilavorazione.

L'FTQ viene calcolato come complemento a cento del rapporto tra il numero di pezzi non conformi prodotti e la produzione della macchina ed è espresso in termini percentuali.

$$FTQ = 1 - \frac{n^{\circ} \text{ pezzi non conformi}}{n^{\circ} \text{ pezzi prodotti}}$$

Un FTQ pari al 100% indica una percentuale di rispetto degli standard, e quindi di soddisfazione del cliente, pari al massimo ottenibile dal processo produttivo.

L'FTQ tuttavia è reattivo solo di fronte a importati quantità di pezzi non conformi prodotti rispetto alla produzione complessiva. Questo significa che non offre una corretta visione "predittiva" riguardo possibili non conformità emergenti che possono essere causate da eventi sporadici come:

- non corretto svolgimento delle attività di processo da parte di un addetto macchina
- effetti ambientali che possono influire sulla prestazione della macchina o del controllo di misura in process
- progressiva usura di un componente della macchina

A volte risulta infatti importante analizzare voci di perdita per qualità in tempi ridotti rispetto a quelli che richiederebbe una variazione sensibile dell'FTQ.

L'MTBF, acronimo di Mean Time Between Failures, è un indicatore dell'affidabilità e delle prestazioni di una macchina o di un componente. Nello specifico esso rappresenta il tempo medio che intercorre tra due guasti consecutivi su una macchina in condizioni operative standard: offre quindi un'indicazione sul tempo previsto dopo il quale si presenterà un nuovo guasto.

L'MTBF viene calcolato come il rapporto tra la disponibilità effettiva della macchina nel periodo considerato e il numero di eventi rilevati nello stesso periodo.

$$MTBF = \frac{\text{disponibilità effettiva}}{n^{\circ} \text{ eventi di guasto}}$$

L'indicatore è espresso tipicamente in termini di ore.

Elevati valori di MTBF indicano che la macchina è efficiente e poco frequentemente subisce fermate per guasti. La rilevanza dei guasti, espressa dal tempo di fermata della macchina, non viene tuttavia considerato dall'indicatore.

Il punto di forza dell'MTBF nell'ambito dell'analisi cui si fa riferimento è che esso offre un'indicazione non in funzione della durata degli eventi di guasto, ma della frequenza con cui tali eventi si verificano. Ciò permette di tenere sotto controllo microfermate che considerate singolarmente potrebbero non destare preoccupazione nell'analisi ma che, se ricorrenti, potrebbero costituire una perdita emergente.

È possibile quindi operare in maniera "predittiva" (tenendo comunque conto che il solo MTBF non è sufficientemente affidabile per basare l'intera analisi dei guasti su questo unico indicatore).

L'MTTR, acronimo di Mean Time to Repair, offre un'indicazione circa il tempo medio necessario a intervenire su una macchina o su un componente a seguito di un guasto.

L'indicatore valuta quindi l'efficienza della manutenzione e il tempo medio di fermata della macchina a seguito di un guasto.

Il calcolo dell'MTTR è espresso dal rapporto tra il tempo totale di guasto rilevato sulla macchina nel periodo di riferimento e il numero di eventi di guasti rilevati nel medesimo periodo.

$$MTTR = \frac{\text{tempo totale di guasto}}{n^{\circ} \text{ eventi di guasto}}$$

L'indicatore viene tipicamente espresso in ore.

Valori ridotti di MTTR indicano elevata efficienza della manutenzione, la quale risulta quindi in grado di intervenire prontamente in caso di questo.

La numerosità di uno stesso evento nel tempo risulta comunque un parametro da monitorare al fine di individuare la possibilità di perdite emergenti, le quali un domani potrebbero non essere più facilmente gestibili se non eliminate preventivamente.

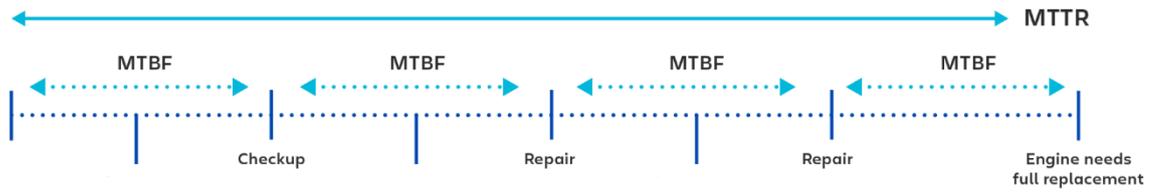


Figura 24 - MTBF e MTTR [17]

Insieme all' MTBF è possibile quindi avere le informazioni fondamentali riguardo l'analisi della sola voce di fermata imputata ai guasti e agli interventi di manutenzione sulla singola macchina.

## Capitolo 3

Dopo aver definito quali sono gli indicatori utili a valutare le performance di ogni singola macchina e a monitorare gli effetti degli interventi e/o investimenti eseguiti su queste ultime, è diventato fondamentale studiare un modo per raccogliere tutti i dati che fossero necessari al calcolo dei KPI. Si è presentata inoltre la necessità di avere uno strumento che consentisse di rendere semplice e automatizzato l'inserimento dei dati e la consultazione degli indicatori in qualsiasi momento.

Si è quindi costruito, con il software Microsoft Access, un database di raccolta dati reso direttamente disponibile agli addetti macchina, di modo che fossero loro in prima persona, guidati dai supervisor, ad inserire i dati necessari alle analisi.

### 3.1 Introduzione a Microsoft Access

Microsoft Access è un sistema di gestione di database relazionali (RDBMS) sviluppato da Microsoft. Esso fornisce strumenti e funzionalità per la creazione e la gestione di basi di dati.

#### *3.1.1 Componenti principali*

La struttura di un database realizzato in Access è caratterizzata dagli elementi brevemente descritti:

- **Tabelle.** I dati vengono memorizzati in tabelle, organizzate in righe (record) e colonne (campi). Le tabelle definiscono la struttura e le relazioni tra le entità dei dati. Access supporta vari tipi di dati, tra cui: testo, numero, data/ora etc.
- **Query.** Le query consentono agli utenti di estrarre e manipolare dati dalle tabelle. Access offre un'interfaccia visuale per la creazione di query e un editor SQL (Structured Query Language). Queste sono utili all'utente per il recupero avanzato dei dati, il filtraggio, l'ordinamento e i calcoli.

- **Maschere.** Le maschere forniscono un'interfaccia utente intuitiva per l'inserimento, la visualizzazione e la modifica dei dati nelle tabelle. Access offre una vista di progettazione delle maschere in cui gli utenti possono trascinare e rilasciare i campi e personalizzarne il layout e l'aspetto.
- **Report.** I report consentono agli utenti di creare documenti professionali per la presentazione e la stampa dei dati provenienti da tabelle o query. Access fornisce strumenti per la progettazione e la formattazione dei report, inclusi l'aggiunta di intestazioni, piè di pagina, raggruppamenti, calcoli e elementi visivi.
- **Macro e VBA.** Access include un generatore di macro che consente agli utenti di automatizzare le operazioni registrando e riproducendo azioni. Supporta anche Visual Basic for Applications (VBA), un potente linguaggio di programmazione, per creare automatizzazioni personalizzate, implementare logiche di business e estendere le funzionalità delle applicazioni di Access.

### *3.1.2 Possibilità di integrazione*

Access offre diversi tipi di integrazione dati da sorgenti esterne, quali:

- **Importazione/Esportazione dei dati.** Access si integra senza problemi con altre applicazioni di Microsoft Office come Excel, Word e Outlook. Gli utenti possono importare dati da fonti esterne, come fogli di calcolo o file di testo, ed esportare dati in vari formati per condividere o analizzare.
- **Connettività dati.** Access supporta la connessione a origini dati esterne come SQL Server, SharePoint e database compatibili con ODBC. Ciò consente agli utenti di lavorare con dati provenienti da diverse fonti e creare tabelle collegate per aggiornamenti dei dati in tempo reale.
- **Integrazione con SharePoint.** Access può essere integrato con SharePoint, consentendo agli utenti di pubblicare database su un sito SharePoint.

Ciò consente la collaborazione, il controllo delle versioni e l'accesso basato sul web alle applicazioni di Access.

### *3.1.3 Sviluppo di un database in Access*

La progettazione delle tabelle avviene attraverso un'interfaccia visuale in cui si definiscono le relazioni tra chiavi primarie e chiavi esterne e si impostano le regole di convalida.

La progettazione delle query avviene sempre attraverso un'interfaccia visuale in cui si utilizza la funzionalità di trascinamento e rilascio. L'interfaccia consente inoltre agli utenti di specificare criteri di diverso tipo (filtro, ordinamento, funzioni matematiche, etc.), unire tabelle e aggregare dati per il recupero e l'analisi complessi dei dati.

Le maschere e i report vengono progettati in un ambiente che consente agli utenti di personalizzare layout, applicare formattazioni, aggiungere controlli e calcoli ed implementare regole di convalida dei dati.

Microsoft Access fornisce un ambiente completo e intuitivo per la gestione dei database, la creazione di applicazioni personalizzate e la generazione di report. La sua integrazione con altre applicazioni di Microsoft Office e il supporto alla programmazione VBA offrono flessibilità e opzioni di personalizzazione.

## **3.2 Creazione del database**

Il primo passo è stato quello di costruire le tabelle di destinazione, ossia le tabelle che fossero appunto destinate a contenere i dati che si intendeva raccogliere:

- dati di produzione, intesi come produzione della singola macchina all'interno di un turno lavorativo;
- dati di manutenzione, intesi come segnalazione dei guasti e dei periodi di fermata;
- dati di qualità, intesi come produzione di materiale non conforme o di scarto;
- dati di gestione.

Lo step successivo è stato creare le tabelle di origine dei dati, ossia le tabelle che contenessero tutte le informazioni necessarie all'inserimento dei dati da parte degli addetti macchina:

- elenco di tutte le lavorazioni eseguite nell'unità tecnica;
- elenco di tutte le macchine presenti, classificati per lavorazione;
- elenco di tutti i part number lavorati, classificati per lavorazione e macchina che li lavora;
- elenco di tutte le voci di guasto imputabili alla singola macchina;
- elenco di tutte le voci di non conformità imputabili alla singola lavorazione e sulla singola macchina.

Le voci di guasto e le tipologie di non conformità sono state raccolte e selezionate durante la fase iniziale di costruzione del database con l'aiuto degli stessi addetti macchina: il lavoro è stato svolto su ogni singola macchina in modo da individuare tutti i possibili eventi che si potessero presentare e concordare la denominazione di ciascuno di essi. Questo è servito a esprimere ciascuna voce in maniera univoca, familiare e comprensibile per ciascun addetto e facilitare quindi l'inserimento dati.

Gli obiettivi di questa scelta sono due: il primo è appunto quello di rendere più facile e veloce l'inserimento dei dati; il secondo è quello di rendere l'introduzione di un sistema digitalizzato quanto più semplice e condivisa dal personale, senza che questa passasse fin da subito come una semplice imposizione.

Una volta costruite le tabelle di origine e le tabelle di destinazione dei dati si è passati alla costruzione dell'interfaccia grafica per l'utente mediante l'utilizzo delle maschere.

Al fine di rendere quanto più semplice e veloce l'inserimento dati si è pensato a delle maschere "user – friendly" in cui:

- la data corrente viene presa in automatico dal software;
- la scelta del turno lavorativo è automatizzata in funzione dell'orario in cui si inserisce il dato

I dati relativi alla produzione vengono invece selezionati tramite dei menù che richiamano i dati inseriti nelle tabelle origine.

L'unico dato che viene inserito a mano dall'addetto in questa maschera è la quantità di pezzi conformi prodotti.

The screenshot shows a web-based form titled "Inserimento dati produzione". At the top left is the "IVECO • GROUP" logo. To the right of the title are two buttons: "Report" (blue) and "Gestione" (red). The form contains several input fields: "Data (gg/mm/aaaa)" with the value "31/05/2023"; "Turno" with a dropdown menu showing "1"; "Lavorazione" with a dropdown menu; "Macchina" with a dropdown menu; "Disegno" with a dropdown menu; and "Pezzi conformi (n° unità)" with a text input field. To the right of the last field is a checkbox labeled "Benestare". Below the form are three buttons: "Guasti/fermate" (blue), "Non conformità" (blue), and "Conferma" (blue).

Figura 25 - Maschera per inserimento dati di produzione

Sono state previste tre ulteriori maschere di inserimento necessarie a: segnalare eventuali guasti o fermate riscontrate sulla macchina; segnalare la produzione di eventuali pezzi di scarto o non conformi; segnalare l'assenteismo.

Nella maschera relativa ai guasti e alle fermate è possibile:

- scegliere in modo personalizzato la voce di guasto che si desidera (la maschera di inserimento richiama le voci della corrispondente tabella di origine associando il guasto alla macchina che si è selezionato nella maschera di riferimento iniziale);
- inserire il tempo di fermata, espresso in minuti.

La maschera consente di inserire fino a quattro diverse voci di guasto alla volta.

### Inserimento dati guasti/fermate

Data (gg/mm/aaaa)	<input type="text" value="31/05/2023"/>	Turno	<input type="text" value="1"/>
Macchina	<input type="text"/>	Linea	<input type="text"/>
Guasto/fermata 1	<input type="text"/>	Guasto/fermata 3	<input type="text"/>
Durata guasto/fermata 1	<input type="text"/>	Durata guasto/fermata 3	<input type="text"/>
Guasto/fermata 2	<input type="text"/>	Guasto/fermata 4	<input type="text"/>
Durata guasto/fermata 2	<input type="text"/>	Durata guasto/fermata 4	<input type="text"/>
Cambio lavoro	<input type="checkbox"/>	Assistenza Manutenzione	<input type="checkbox"/>
Durata cambio lavoro	<input type="text"/>	Durata assistenza manutenzione	<input type="text"/>

Conferma

Figura 26 - Maschera per inserimento dati legati a guasti e perdite

Nella maschera relativa alla produzione di non conformi è invece possibile:

- specificare il tipo di non conformità (grazie a una correlazione con la specifica tabella di origine in modo analogo a quanto detto per la maschera dei guasti);
- il numero di pezzi non conformi prodotti;
- l'eventuale tempo, espresso in minuti, necessario alla rilavorazione dei suddetti pezzi.

### Inserimento dati non conformità/scarti di lavorazione

Data (gg/mm/aaaa)	<input type="text" value="31/05/2023"/>	Turno	<input type="text" value="1"/>
Macchina	<input type="text"/>	Disegno	<input type="text"/>
Tipo non conformità 1	<input type="text"/>	Tipo non conformità 3	<input type="text"/>
n° pezzi non conformi 1	<input type="text"/>	n° pezzi non conformi 3	<input type="text"/>
Tempo ripasso pezzi 1	<input type="text"/>	Tempo ripasso pezzi 3	<input type="text"/>
Tipo non conformità 2	<input type="text"/>	Tipo non conformità 4	<input type="text"/>
n° pezzi non conformi 2	<input type="text"/>	n° pezzi non conformi 4	<input type="text"/>
Tempo ripasso pezzi 2	<input type="text"/>	Tempo ripasso pezzi 4	<input type="text"/>

Conferma

Figura 27 - Maschera per inserimento dati legati alla qualità

Anche questa maschera consente di inserire fino a quattro voci diverse alla volta.

L'ultima maschera di inserimento è riservata ai gestori di ciascuna linea e permette di inserire i dati relativi alla presenza della propria area di lavorazione:

- dipendenti assenti;
- eventuali prestiti ricevuti durante la giornata lavorativa da altre aree,
- eventuali prestiti ceduti;
- eventuali incidenti occorsi.

IVECO • GROUP

Inserimento dati gestione

SQCDP

Chiudi

Data	30/05/2023
Forza	17,00
Assenti	0,00
Prestiti (ricevuti)	0,00
Ceduti	0,00
Incidenti	0

Conferma

Figura 28 - Maschera di inserimento dati per la gestione

Lo spostamento tra le diverse maschere avviene attraverso delle macro associate ai pulsanti, uno degli elementi di interazione che le maschere permettono di utilizzare.

Per completare la base di dati utile a svolgere i calcoli e le analisi di nostro interesse si è infine costruita un'ultima tabella origine: la tabella dei tempi di lavorazione.

Quest'ultima riporta in funzione di lavorazione, macchina e particolare i tempi di lavorazione espressi in minuti. Per tempo di lavorazione si intende l'insieme di tutti i tempi necessari a portare a termine l'operazione: tempo di carico del particolare in macchina, tempo ciclo della macchina, tempo di scarico e la quota dovuta all'abbinamento dell'operatore su più macchine.

Il tempo di abbinamento tiene conto del fatto che sulle linee di lavorazione un addetto macchina non lavora sulla singola macchina, ma a lui vengono assegnate due o più

macchine da seguire durante il turno lavorativo: causa di perdite sul tempo ciclo nominale che quindi vengono considerate.

In questo modo, a partire dai semplici dati in termini di unità dichiarati dagli addetti macchina, è possibile esprimere i principali indicatori che definiscono la storia, puntale e complessiva, di tutta l'officina.

La messa in opera della prima versione del database ha richiesto circa un mese di lavoro ed è stato implementato solo su una linea di lavorazione per il primo periodo, al fine di valutarne l'efficienza. È stato caricato all'interno del computer presente a bordo linea, in una posizione di passaggio per tutti gli addetti macchina a termine del proprio turno lavorativo.

La formazione è stata effettuata durante i cambi turno e ha previsto la spiegazione delle istruzioni per il caricamento e una sensibilizzazione riguardo i risultati attesi dalla raccolta dati, definendo brevemente gli indicatori e tutte le voci più specifiche da inserire.

Lo stimolo alla collaborazione delle persone è stato favorito dal coinvolgimento delle stesse durante la compilazione del database: tutte le voci relative alle tipologie di guasto, di fermata o di non conformità sono state concordate con gli addetti macchina e standardizzate, così che fossero più familiari per loro durante la ricerca e unificate durante la successiva elaborazione dei dati. Il processo di integrazione di nuove voci è infatti ancora in corso e restituisce degli ottimi segnali in termini di coinvolgimento delle persone.

Al termine di un primo periodo di prova su una sola linea di lavorazione, durato circa tre mesi, i primi risultati ottenuti sono stati analizzati e, poiché coerenti con quella che era la storia pregressa delle macchine valutate, si è proceduto ad utilizzarli come primo riferimento per le riunioni con i DOT manager di stabilimento e, a settembre 2022, all'esportazione del database anche sulle altre linee di lavorazione dell'unità operativa.

L'adozione del sistema di data collection finora presentato ha portato all'integrazione di una sezione dedicata durante le sessioni formative per i neoassunti svolte nei mesi successivi, tra novembre e dicembre 2022.

La medesima formazione fatta agli addetti macchina è stata integrata nelle sessioni di Accademy dedicate ai neoassunti, che si sono svolte tra novembre e dicembre 2022.

### 3.3 Report

La creazione del database, come detto, è stata propedeutica alla visualizzazione e alla manipolazione di tutte le informazioni necessarie a monitorare la singola macchina. Attraverso lo strumento del report tutte le informazioni manipolate e i calcoli svolti dalle query sono stati restituiti in forma grafica.

Una maschera di selezione consente all'interno del database di selezionare l'ambito di interesse e ciascuna maschera contiene i filtri per selezionare un periodo specifico, una macchina specifica, o un part number specifico.



Figura 29 - Maschera di selezione categoria di report

### 3.3.1 Report di produzione

I primi report realizzati, e anche i più semplici, sono serviti a valutare la produzione in termini di pezzi prodotti.

IVECO • GROUP

Produzione

Produzione macchina (ricerca periodo)    Produzione linea (ricerca periodo)

Produzione macchina (suddivisione data e turno)    Produzione linea (suddivisione data e turno)

Produzione macchina (ricerca particolare per linea)    Produzione linea (ricerca particolare per macchina)

Indietro

Ricerca avanzata

Data inizio periodo

Data fine periodo

Macchina

Linea

Particolare

Figura 30 - Maschera di selezione report di produzione

Le produzioni possono essere visualizzate secondo diverse classificazioni:

- ricerca per periodo attraverso il modulo di ricerca riportato in figura, con categorizzazione delle produzioni per linea di lavorazione o per singola macchina;
- classificazione delle produzioni per linea e per macchina in riferimento alla data e al turno lavorativo;
- ricerca della produzione della singola macchina o del singolo part number lavorato.

La visualizzazione della produzione del singolo part number mostra il flusso di lavorazione che esso ha subito all'interno della UTE.

La suddivisione per turni permette invece di mostrare la variazione di efficienza della macchina di ora in ora all'interno della singola giornata.

### 3.3.2 Report di manutenzione

I dati relativi ai guasti e alle fermate sono utili, incrociati con i dati delle produzioni, per analizzare e motivare cali di produzione e per avere un riferimento circa le principali voci di perdita che caratterizzano una singola macchina.

The screenshot shows the 'Manutenzione' (Maintenance) report selection interface. It includes the IVECO GROUP logo and a title 'Manutenzione'. The main area contains a grid of buttons for selecting report types:

- Guasti (ricerca periodo)
- Guasti (suddivisione periodo e turno)
- Guasti
- Guasti (suddivisione macchina)
- Guasti (suddivisione macchina e periodo)
- Guasti (ricerca periodo macchina)
- Perdite tecniche (ricerca periodo)
- Perdite gestionali (ricerca periodo)
- Perdite tecniche (suddivisione macchina e periodo)
- Perdite gestionali (suddivisione macchina e periodo)
- Perdite tecniche
- Perdite gestionali

On the right, there is a 'Ricerca avanzata' (Advanced Search) section with the following fields:

- Data inizio periodo: 30/05/2023
- Data fine periodo: 30/05/2023
- Macchina: (dropdown menu)

At the bottom center, there is an 'Indietro' (Back) button.

Figura 31 - Maschera di selezione report di manutenzione

I report relativi ai guasti disponibili nella maschera sono per la ricerca dei guasti attraverso il modulo di inserimento della data e della macchina interessate. Le voci di guasto sono riportate con le relative durate cumulate nel periodo o anche suddivise sulla singola giornata e sul singolo turno. Lo stesso report può essere visualizzato anche per la singola macchina che si desidera.

Si introducono relativamente a questo argomento i concetti di perdite tecniche e perdite gestionali.

Le perdite tecniche sono le perdite legate alle attività che devono essere svolte sulla macchina per il suo funzionamento.

Queste attività sono considerate nel tempo pagato del processo, tuttavia può accadere che esse vengano svolte con cadenza differente da quella prevista o che richiedano più tempo di quello che è stato preventivato.

Un esempio di perdita tecnica è l'attrezzamento della macchina: quando la lavorazione su una macchina passa da un part number a un altro essa deve essere riattrezzata (es. cambio del mandrino, cambio utensile, cambio della contropunta, cambio del part program del CN). Questa attività dovrebbe essere svolta solo dopo la conclusione del lotto economico, ossia la quantità di materiale prodotto al fine di minimizzare le spese di gestione legate al prodotto stesso, tuttavia per motivi legati alla richiesta dalle lavorazioni successive o problemi di natura gestionale, la macchina può essere riattrezzata prima che abbia finito di produrre il lotto economico relativo a un part number. Il tempo impiegato da questo attrezzamento rappresenta quindi una perdita.

Le perdite gestionali sono le perdite legate a imprevisti di natura gestionale. Un esempio di perdita gestionale è l'attesa di pezzi lavorabili dalle lavorazioni precedenti. L'esempio di questa voce è una macchina subisce un guasto e non lavora per un determinato periodo di tempo: la macchina che dovrà svolgere il processo immediatamente successivo se avrà sufficienti pezzi a coprire la mancata produzione della macchina ferma allora non smetterà di lavorare, se invece ciò non dovesse accadere anch'essa rimarrà ferma fin quando la produzione della macchina ferma per guasto non riprenderà.

Gli eventi legati a perdite tecniche e gestionali vengono caricati nel database dagli addetti macchina direttamente dalla maschera relativa ai guasti e anche la selezione delle voci avviene dalla stessa tabella origine. Il database riconosce la differenza tra le voci in funzione di un riferimento che viene associato a ciascuna voce: "M" per i guasti, "T" per le perdite tecniche e "G" per le perdite gestionali. È possibile all'interno del database visualizzare le voci di perdita, sia gestionale che tecnica, accompagnate dai relativi tempi cumulati nel periodo che si sceglie di visualizzare. Grazie alla visualizzazione del periodo è possibile individuare voci specifiche da analizzare e monitorare nel tempo nei casi in cui:

- una voce sia stata aggredita da degli interventi e sia necessario monitorare gli effetti di questi ultimi;

- si voglia operare in maniera predittiva, andando a visualizzare quali possono essere le voci di perdita emergenti, ossia quelle che hanno subito incrementi in brevi periodi di tempo e che potrebbero diventare rilevanti se non aggredite subito.

### 3.3.3 Report di qualità

La visualizzazione dei dati legati alla produzione di pezzi non conformi è utile per analizzare nel dettaglio le perdite legate alla mancata qualità.

Figura 32 - Maschera di selezione report di qualità

Possono essere selezionati da questa maschera i report che mostrino la quantità di non conformi prodotti in uno specifico periodo selezionato e classificati per part number in funzione della macchina che li ha prodotti. La macchina e il part number specifico possono essere ricercati attraverso il modulo di ricerca apposito.

### 3.3.4 Report indicatori

Figura 33 - Maschera di selezione report indicatori

I report riportano tutti gli indicatori imputati alla singola macchina, che tengono conto di tutti i dati memorizzati sul database o anche solo relativi a un periodo specifico selezionato.

Un esempio di report riferito a un periodo pari a un mese, nel quale i nomi delle macchine sono stati censurati, è riportato in figura.

## Raccolta indicatori (ricerca per periodo)

domenica 4 giugno 2023 Dal al  
15:46:08

Macchina	Ore prodotte	Disponibilità effettiva macchina	OEE	FTQ	Assistenza manutenzione %	Guasti %	Microfermi %	Perdite tecniche %	Perdite gestionali %	Δt preparazione macchina	Attese %	MTBF	MTTR	Spostamento manodopera
	259,41	427,50	60,68%	99,93%	0,00%	0,00%	0,00%	2,69%	12,94%	1,06%	22,63%	427,50	0,00	0,00
	222,87	387,50	57,52%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,26%	18,56%	0,86%	22,80%	387,50	0,00	5,00
	280,20	437,50	64,05%	100,00%	0,00%	0,38%	0,00%	3,47%	12,30%	1,35%	18,45%	437,50	1,67	5,00
	105,54	247,50	42,64%	99,93%	0,00%	5,45%	0,00%	0,61%	18,38%	0,90%	32,02%	61,88	3,38	0,00
	112,84	236,67	47,68%	100,00%	0,00%	6,20%	0,00%	0,00%	39,30%	1,10%	5,73%	33,81	2,10	18,33
	130,42	402,50	32,40%	100,00%	0,00%	2,48%	0,00%	0,62%	1,86%	0,62%	62,01%	80,50	2,00	2,50
	147,19	285,00	51,64%	100,00%	0,00%	1,05%	0,00%	0,35%	19,18%	1,05%	26,72%	285,00	3,00	0,00
	165,00	425,00	38,82%	99,90%	0,00%	2,86%	0,00%	0,47%	5,37%	0,74%	51,73%	85,00	2,43	2,50
	175,84	361,67	48,62%	100,00%	0,14%	13,50%	0,00%	6,57%	8,85%	2,74%	19,58%	16,44	2,22	46,67
	270,71	395,00	68,54%	99,98%	0,00%	13,76%	0,00%	0,89%	10,76%	0,78%	5,28%	19,75	2,72	5,00
	170,44	351,67	48,47%	100,00%	0,14%	8,20%	0,00%	3,91%	10,71%	2,60%	25,97%	23,44	1,92	37,50
	194,08	292,75	66,29%	99,57%	4,67%	18,64%	1,81%	2,12%	5,23%	1,24%	0,00%	17,22	3,23	40,25
	134,15	230,50	58,20%	99,79%	5,31%	7,70%	1,70%	1,63%	4,19%	1,08%	20,18%	32,93	2,54	24,50
	206,99	365,67	56,61%	99,88%	0,00%	10,62%	0,00%	0,98%	10,80%	0,94%	20,05%	21,51	2,28	24,33
	190,24	371,67	51,19%	100,00%	0,00%	5,90%	0,00%	0,00%	9,78%	0,94%	32,20%	33,79	1,99	18,33
	163,55	293,50	55,72%	99,97%	9,45%	9,57%	1,96%	0,51%	12,86%	1,06%	8,86%	22,58	2,16	36,50

Figura 34 - Esempio report indicatori

Il report riporta, per ciascuna macchina:

- Ore produttive. La produzione oraria è data dal prodotto tra il numero di pezzi prodotti e il tempo ciclo specifico per ciascun part number.
- Disponibilità effettiva. Il valore di default è pari a 22,5 ore al giorno e a cui viene sottratto l'eventuale valore di spostamento di manodopera riportato al fondo del report.
- OEE. Indicatore calcolato come rapporto tra le ore produttive e la disponibilità effettiva.
- FTQ. Indicatore calcolato come il complemento a cento del rapporto tra il totale di pezzi non conformi prodotti e il totale della produzione.
- Assistenza manutenzione. La mancata produzione della macchina dovuta ad assenza dell'addetto, perché impegnato ad assistere la manutenzione su un'altra macchina in abbinamento. Espressa in termini percentuali, riferita alla disponibilità della macchina.
- Guasti. Totale delle ore di guasto rilevate sulla macchina, espresse in forma percentuale e riferite alla disponibilità.
- Microfermi. I microfermi sono filtrati rispetto ai guasti dal database in funzione della loro durata: è considerato microfermo un guasto la cui durata è pari o inferiore ai 15 minuti. La somma delle ore di microfermo rilevate è espressa in termini percentuali e riferita alla disponibilità.
- Perdite tecniche. Totale delle ore di perdita tecnica rilevate sulla macchina, espresse in forma percentuale e riferite alla disponibilità.
- Perdite gestionali. Totale delle ore di perdita gestionale rilevate sulla macchina, espresse in forma percentuale e riferite alla disponibilità.
- $\Delta t$  preparazione macchina. Nella tabella di origine per i tempi di lavorazione di ciascuna macchina sono riportati anche i valori dei tempi di preparazione. Questi sono i tempi richiesti dalla macchina per svolgere tutte le attività durante la

lavorazione del singolo pezzo prima e dopo la lavorazione effettiva. Il valore fisso del tempo di preparazione viene moltiplicato per il numero di pezzi prodotti e il totale del tempo, espresso in ore, viene riferito alla disponibilità e espresso in forma percentuale nel report.

- **Attese.** La somma dell'OEE e di tutti i valori percentuali riferiti alle voci di perdita dovrebbero restituire un valore pari al 100%. In termini temporali è intuitivo pensare che la somma del tempo di produzione della macchina più i tempi di ciascuna perdita restituisca la disponibilità effettiva. Ciò non sempre accade e i motivi possono essere imputati a diverse cause: errori di inserimento da parte degli addetti macchina o mancati aggiornamenti dei tempi ciclo rispetto alle prestazioni attuali della macchina. Per questo motivo è stato introdotto il termine delle attese, che viene calcolato come il complemento a cento della somma di tutte le voci che si sono discusse finora e costituisce quindi il livello di incertezza relativo alla macchina. Un valore di attese pari allo 0%, o comunque prossimo, indica una elevata precisione dell'analisi.
- **MTBF.** Indicatore calcolato come rapporto tra la disponibilità effettiva e il numero dei guasti rilevati. Questo viene calcolato da una apposita query che si occupa di contare le voci di guasto registrate.
- **MTTR.** Indicatore calcolato come rapporto tra il totale delle ore di guasto e il numero di guasti rilevati.
- **Spostamento manodopera.** Il totale delle ore di spostamento manodopera tiene conto la mancata produzione della macchina a causa dell'abbinamento dell'operatore su più macchine. Essa viene sottratta direttamente al valore di disponibilità effettiva.

Il report relativo al rendimento giornaliero è invece un report che viene utilizzato quotidianamente dai gestori durante le riunioni di produzione, nel quale è possibile visualizzare per ciascuna macchina e con riferimento al giorno precedente:

- la produzione, espressa in numero di pezzi, per ciascun turno;
- il totale della produzione giornaliera, espresso come somma delle produzioni sui tre turni;
- la produzione ideale, espressa in numero di pezzi e calcolata come rapporto tra la disponibilità effettiva e il tempo ciclo dei part number lavorati;
- il delta di produzione, espresso come la differenza tra la produzione e la produzione ideale (un delta negativo indica una perdita di produzione, un delta positivo indica una sovrapproduzione).

Il report, dovendo essere presentato al capo unità ogni mattina dai gestori, è pensato per essere stampato e reca, oltre i dati appena descritti, delle caselle di testo dove è possibile segnare, accanto a ogni macchina, eventuali note e il numero degli assenti su ciascun turno.

Il report di gestione riporta i dati inseriti dai gestori su base mensile. In particolare si possono osservare:

- il numero di incidenti occorsi;
- il numero di presenti e di assenti;
- le ore di presenza sulla base del numero di presenti caricato;
- il numero di pezzi non conformi;
- il totale delle ore prodotte;
- FTQ;
- Manufacturing Index. Indice calcolato come il rapporto tra le ore di presenza e le ore prodotte.

È presente un'ulteriore maschera che consente, selezionando periodo e macchina specifici, di visualizzare un report, ottimizzato anch'esso per essere stampato, dove vengono riportati:

- gli indicatori della macchina;
- il totale dei pezzi prodotti dalla macchina nel periodo considerato;
- l'elenco delle prime cinque voci di perdita per guasto con relative durate;

- l'elenco delle prime cinque voci di perdita tecnica con relative durate;
- l'elenco delle prime cinque voci di perdita gestionale con relative durate;
- l'elenco dei pezzi non conformi prodotti dalla macchina, accompagnati dalla relativa voce di non conformità.

Scheda					Dal
					al
Indicatori macchina					
OEE	FTQ	MTBF [h]	MTR [h]	Produzione [n° pezzi]	
Guasti					
Perdite tecniche					
Perdite gestionali					
Non conformi					

Figura 35 - Scheda macchina

### 3.4 Limiti di Microsoft Access e esportazione dati

Il principale limite finora riscontrato dall'utilizzo di Microsoft Access è la difficoltà di elaborare i dati raccolti in forma grafica. I grafici costituiscono il metodo più rapido e intuitivo per presentare i dati analizzati durante le riunioni e per questo è stato necessario fare riferimento a un altro software della Suite Office: Microsoft Excel.

Microsoft Excel permette l'importazione dati da database in Access attraverso connessione diretta tra i due software. Si sono quindi collegati i database al programma e si sono importate le tabelle di interesse al fine di costruire direttamente su Excel i calcoli necessari ad elaborare ulteriormente i dati raccolti e renderli chiari ed esplicativi.

Un esempio di resa in forma grafica del report descritto a pagina 69 è riportato in figura.

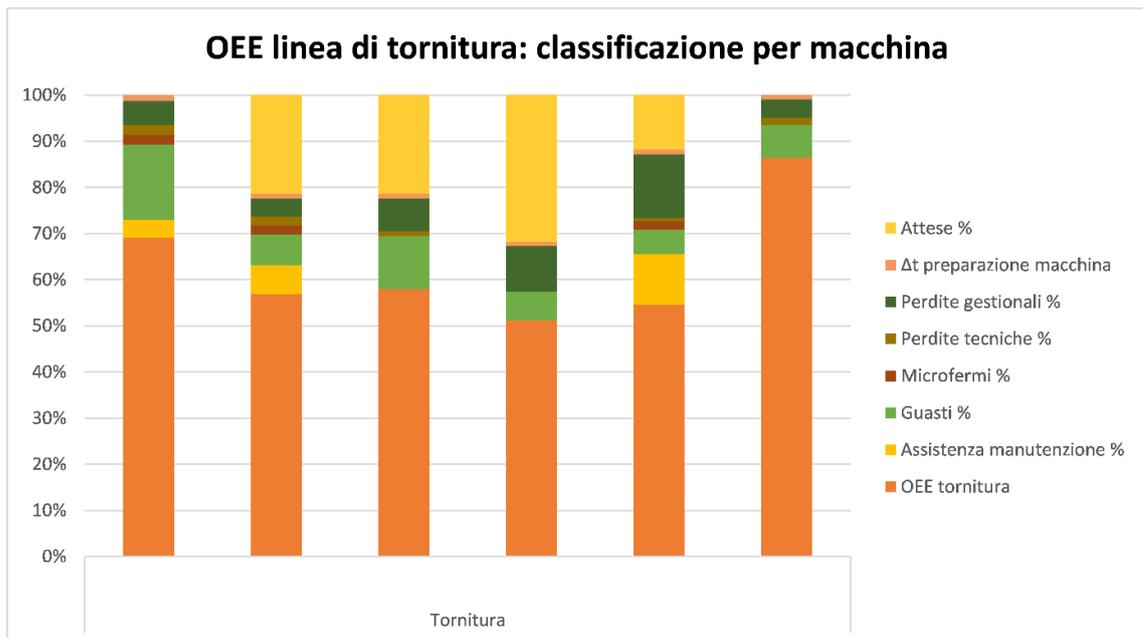


Figura 36 - Grafico report indicatori

In questo caso i dati espressi in percentuali sono riportati in un grafico a colonne in pila 100% per ciascuna macchina appartenente a un processo di lavorazione.

## Capitolo 4

Le analisi e i dati elaborati dal database presentato nel capitolo precedente sono oggetto di riunioni settimanali tra i gestori e i responsabili tecnici delle aree di lavorazione. Durante le riunioni emergono le criticità di ciascuna macchina e, sulla base dei principi di classificazione discussi al Capitolo 2, si individuano quali perdite aggredire.

### 4.1 Sviluppo delle attività e Action Plan

L'analisi viene svolta a partire dalla UTE: si identifica con la matrice di rischio quale è la macchina più critica. Per quest'ultima vengono visualizzati i report relativi agli indicatori e alle voci di perdita: si inizia a ragionare su quale voce di perdita aggredire.

Non sempre infatti può essere la soluzione migliore aggredire la prima voce di perdita: può capitare che essa sia legata a un problema molto complesso da risolvere, che può richiedere un grosso investimento o con tempi di risoluzione lunghi. In questo caso si può valutare di aggredire le voci di perdita meno influenti prese singolarmente, che potrebbero risultare di più semplice risoluzione e che prese complessivamente cumulano un tempo di fermata paragonabile a quello della prima voce di perdita.

La ricerca della causa radice viene svolta utilizzando gli strumenti che sono stati implementati con il metodo WCM e che sono stati ripresi con il passaggio al DOT.

I V E C O • G R O U P					
AREA & UNITA' OPERATIVA: U.O. Transmissions UTE		<b>KAIZEN</b>			
DESCRIZIONE ATTIVITA':					
<b>PLAN</b>	Descrizione PROBLEMA	<b>DO</b>	Descrizione SOLUZIONE		
<b>ACT</b>	Standardizzazione SOLUZIONE	<b>CHECK</b>	Verifica RISULTATI		
	Data realizzazione	Costi [€] 0 €	Benefici [€] 0 €	Risultati	B/C

Figura 37 - Modello Kaizen

Il Kaizen, come definito a pagina 18 del Capitolo 1, utilizza l'approccio PCDA per definire il problema e la soluzione trovata. La soluzione viene definita sulla base delle cause che si sono individuate durante le riunioni attraverso gli strumenti classici di analisi del WCM e mantenuti con il DOT: diagramma di Ishikawa, i 5 Whys etc.

Le attività che si sono individuate come soluzioni alla problematica riscontrata devono avere un duplice obiettivo:

- risoluzione puntuale del problema;
- prevenzione del problema attraverso l'eliminazione della causa radice.

Le attività vengono assegnate a una o più figure in funzione dell'attività stessa e viene formato un team composto sulla base delle competenze professionali di questi ultimi. Le attività costituiscono dei veri e propri progetti.

Si realizza durante le riunioni l'Action Plan, un documento in cui vengono definite le attività da svolgere su una determinata macchina, gli owner di ciascuna attività e la loro sequenza temporale, con conseguente stima dei tempi di realizzazione.

Riferimento targa macchina					 Forecast Actual						
ATTIVITA'	RESPONSABILE	STATO	CRITICITA'	NOTE	CW1	CW2	CW3	CW4	CW5	CW6	CW7

Figura 38 - Action Plan

L'Action Plan diventa quindi lo strumento per monitorare l'andamento delle attività e dovrà essere aggiornato in tempo reale per evidenziare che le attività vengano svolte nei tempi previsti o, nel caso insorgano imprevisti, segnalare eventuali ritardi.

I progetti durante le loro fasi di elaborazione e realizzazione vengono classificati nel seguente modo:

- L1. I progetti che sono soltanto delle idee e sulle quali ancora non sono stati calcolati costi né benefici.
- L2. I progetti che ancora solo delle idee ma di cui si sono calcolati costi e benefici.
- L3. I progetti che sono stati approvati ma che ancora non sono realizzati.
- L4. I progetti approvati e che sono in fase di realizzazione.

I progetti che vengono definiti durante le riunioni per le attività di recupero delle perdite sono dei progetti classificati come L1 o direttamente come L2: l'analisi delle perdite consente di ipotizzare un saving dato dal recupero della perdita stessa, valutato come il prodotto tra il numero di ore di perdita e il valore del costo della manodopera.

Tale stima comunque è solo preliminare poiché in questa fase ancora non si ha traccia di tutti quelli che potrebbero essere i costi di realizzazione e non si tiene conto di eventuali

perdite collegate alla perdita analizzata: per questo motivo il progetto sarà caratterizzato da un livello di affidabilità medio basso. Per affidabilità legata a un progetto si intende la probabilità che esso produca il saving previsto.

L'effettivo saving che verrà portato dall'attività potrà essere confermato o comunque valutato solo dopo che, al termine dell'attività, il monitoraggio della perdita nel periodo successivo mostri un effettivo calo della suddetta perdita.

Si evidenzia che per qualsiasi attività che riguardi la sicurezza o la qualità non si esegue alcun tipo di valutazione e non è necessario che esse portino un saving: vengono eseguite in ogni caso.

Si riporta nel seguito un caso reale di analisi e di attività svolte a seguito del monitoraggio delle perdite.

I dati relativi ai tempi e ai costi di processo non sono stati esplicitati per motivi di riservatezza aziendale.

## **4.2 Caso studio**

Il caso studio che si è scelto di esaminare tratta il passaggio da una lavorazione con mola in CBN a una lavorazione con inserto in CBN in un processo di tornitura dura e rettifica di ruote dentate al fine di limitare perdite legate alla messa a punto della macchina e, più in generale, legate all'inefficienza del processo.

### *4.2.1 Processo di rettifica*

Il processo di rettifica [19] prevede l'asportazione di materiale da un componente meccanico attraverso l'abrasione esercitata dall'utensile, chiamato mola. Esso costituisce una delle ultime fasi della lavorazione di un componente meccanico in quanto è utile a garantire l'uniformità e la rugosità superficiale prescritta.

La lavorazione può essere di diversi tipi, in base al tipo di moti relativi della mola e in base alla tipologia di superficie che si intende lavorare. Si possono avere:

- Rettifica in tondo per esterni. Tipologia di lavorazione utile per lavorare pezzi cilindrici o conici, prevede l'utilizzo di una mola cilindrica che ruota attorno a un asse parallelo all'asse del pezzo e avanza radialmente verso quest'ultimo. Il pezzo è anch'esso messo in rotazione e viene tenuto da un mandrino e da una contropunta. La macchina presenta una struttura simile a quella di un tornio parallelo.
- Rettifica in tondo per interni. Lavorazione simile a quella per esterni, prevede l'utilizzo di una mola cilindrica di piccolo diametro che lavora diametri creati con precedenti lavorazioni per garantire la conformità rispetto alle tolleranze prescritte.
- La mola avanza assialmente per entrare nel foro e poi radialmente per lavorare la superficie. Il pezzo viene in questo caso tenuto da un mandrino autocentrante e può essere messo in rotazione o meno a seconda delle dimensioni.
- Rettifica senza centri. Lavorazione utile per pezzi molto lunghi, prevede che il pezzo venga sostenuto lateralmente da una ruota conduttrice e da una lama metallica nella parte inferiore.

Sul lato libero del pezzo agisce la mola cilindrica che avanza radialmente ed esegue la lavorazione. La lavorazione può essere eseguita a tuffo (il pezzo non trasla ma è la mola a traslare per lavorare tutta la superficie) o in passata (la mola non trasla assialmente ma è il pezzo a traslare): in caso di lavorazione in passata la mola si accosta al pezzo inclinata di un certo angolo (lavorazione ad assi sghembi) così da conferire al pezzo un moto di rototraslazione che favorisca l'uscita del pezzo dalla macchina durante la lavorazione.

- Rettifica tangenziale. Lavorazione con mola ad asse orizzontale e lavora la superficie del pezzo tramite la sua superficie cilindrica tangente. Questa tipologia di lavorazione risulta utile per lavorare piastre e rientra nella categoria delle rettifiche in passata
- Rettifica per piani ad asse verticale. Si utilizzano in questo caso delle mole a tazza che avanzano verso il pezzo e eseguono la lavorazione frontalmente.

- Rettifiche speciali. Tipologie di rettifica che prevedono la lavorazione di profili specifici come profili di ruote dentate o filettature, prevedono l'uso di mole profilate e di moti relativi specifici per modellare nello spazio le forme prescritte.

Le mole sono utensili da taglio che possono avere diverse forme a seconda del tipo di lavorazione che si deve svolgere. Per questo motivo esse vengono tipicamente classificate in base al tipo di materiale in cui vengono. La mola è realizzata in generale in materiale composito ed è costituita da:

- Abrasivo. Materiale molto duro riportato in forma di grani e che si occupa di tagliare il materiale. La dimensione dei grani influisce direttamente sul grado di finitura superficiale del semilavorato: più i grani sono piccoli più la finitura sarà precisa
- Legante. Sostanza che si occupa di tenere insieme i grani di abrasivo e quindi evita che essi vengano dispersi durante il contatto con il semilavorato. La resistenza del legante influisce direttamente sulla vita utile dell'utensile: una mola più tenera, ossia con legante meno duro, potrà lavorare meglio i semilavorati più resistenti (esposizione migliore dell'abrasivo) ma perderà velocemente la sua forma durante la lavorazione

La porosità della mola, ossia la presenza di vuoti d'aria all'interno del legante tra un grano e l'altro, costituisce un ulteriore parametro utile a valutare una mola. La presenza di porosità consente infatti una maggior dispersione del calore durante la lavorazione e favorisce il trasporto del lubro – refrigerante: possibilità di lavorare con maggiori velocità di taglio. D'altro canto poche porosità garantiscono una maggiore stabilità dimensionale della mola, caratteristica fondamentale per lavorazioni molto precise e lunghe.

Tipicamente i materiali scelti come abrasivo sono:

- Ossido di alluminio.
- Carburo di silicio.
- Nitruro di boro cubico (CBN).
- Diamante.

I materiali leganti possono essere invece resinoidi o metallici.

A seguito della lavorazione, la resistenza del legante cala e i grani di abrasivo diventano meno taglienti. Per questi motivi diventa necessario un processo che serva a eliminare lo strato usurato della mola e ripristini le sue condizioni iniziali: processo di rinvivatura.

Il processo di rinvivatura, chiamato anche diamantatura per via del materiale che viene utilizzato durante il processo, prevede la messa in esercizio della mola contro un materiale molto duro, tipicamente il diamante appunto, così che il materiale superficiale della mola venga asportato. Tale processo deve essere svolto a cadenza programmata in funzione delle caratteristiche tecnologiche della mola e delle condizioni di processo (temperatura, velocità di taglio etc.) o qualora si presentino degli inconvenienti durante la lavorazione, come per esempio l'impasto del residuo di lavorazione con il legante della mola.

I punti di forza della rettifica, che la rendono indispensabile in determinati ambiti, sono la lunga vita utile dell'utensile e soprattutto l'elevato grado di finitura superficiale e di precisione che è in grado di fornire.

Tra i punti deboli spicca l'elevato tempo ciclo e l'ulteriore extra – time che deriva dal processo di rinvivatura. Si devono inoltre tenere in considerazione l'usura dell'utensile di rinvivatura e tutte le possibili problematiche che possono insorgere da quest'ultimo processo.

#### *4.2.2 Processo di tornitura*

Il processo di tornitura [20] prevede una lavorazione per asportazione di truciolo dove il semilavorato, fissato a un mandrino e posto in rotazione, viene lavorato da un utensile, che prende il nome di inserto, che trasla lungo il proprio asse. La lavorazione è tipicamente suddivisa in due passaggi: la sgrossatura e la finitura. Durante la prima fase il grosso del sovrametallo viene asportato da utensili in grado di sopportare sollecitazioni elevate, mentre nella seconda fase si conferiscono al pezzo le caratteristiche dimensionali previste, rispettando i limiti di tolleranza e di rugosità superficiale.

La lavorazione viene eseguita su una tipologia di macchine che prende il nome di tornio. Questa famiglia di macchine conta diversi tipi di configurazioni, utili per eseguire diversi tipi di tornitura. Le caratteristiche peculiari sono:

- mandrino autocentrante azionato da un motore elettrico che conferisce il moto rotatorio (velocità di taglio) al pezzo;
- torretta portautensili dove vengono montati gli inserti che svolgono le diverse lavorazioni (moto di avanzamento dell'utensile);
- nel caso di semilavorati lunghi può essere presente, dalla parte opposta del mandrino, una contropunta che svolge la funzione di sorreggere il semilavorato (possono in questi casi essere presenti dei supporti, chiamati lunette, che svolgono la medesima funzione di sostegno).

Le operazioni di tornitura possono essere eseguite sia sulla superficie interna che su quella esterna del semilavorato e solitamente. A causa delle elevate sollecitazioni e delle elevate temperature che si instaurano durante il processo, si eseguono più passate con le quali il sovrametallo viene gradualmente asportato fino a termine della lavorazione. Il moto con cui l'utensile si accosta progressivamente al semilavorato è una traslazione radiale che prende il nome di moto di registrazione.

Il processo di tornitura, oltre la lavorazione delle superfici esterne e interne del semilavorato, consente di la realizzazione di scanalature, troncature, filettature e fori (questi ultimi realizzati in maniera alternativa rispetto a quanto fatto dalle foratrici e dalle fresatrici).

Oltre il classico tornio ad asse orizzontale, in cui l'inserto avanza lungo l'asse longitudinale, si hanno altre tipologie di tornio:

- Tornio verticale. Tornio ruotato di 90° rispetto al tornio orizzontale, consente la lavorazione di pezzi che sarebbe difficile disporre orizzontalmente.
- Tornio plurimandrino. Torni provvisti di una testa in grado di sorreggere più mandrini, così da consentire la lavorazione di più pezzi in contemporanea.

Il vantaggio di questo tipo di macchina è la riduzione dei cambi utensile e la possibilità di ridurre i tempi di lavorazione poiché si lavorano più pezzi alla volta con lo stesso utensile.

- Tornio statico. Particolare configurazione di tornio in cui il pezzo rimane fermo e tutti i moti di traslazione e rotazione vengono imputati all'utensile. Tale lavorazione risulta vantaggiosa per semilavorati difficili da movimentare: gestione dei moti della macchina semplificati.

#### *4.2.3 Ciclo di finitura attuale*

La lavorazione specifica che si analizzerà nel seguito è una rettifica in tondo per interni eseguita sul foro delle ruote dentate a seguito di carbocementazione e costituisce la prima lavorazione dell'ultima linea di processo di realizzazione, quella di finitura. Seguono alla lavorazione di finitura del foro la finitura dei piani longitudinali e dei profili dei denti.

Il ciclo di lavorazione del foro prevede:

- una fase di sgrossatura eseguita da un inserto che avanza assialmente e asporta il materiale così da lasciare uno strato uniforme di sovrametallo, pari a 0,03 mm radiali;
- una fase di finitura in cui una mola in CBN avanza radialmente e lavora il pezzo per garantire la rugosità superficiale prescritta, pari a 0,8  $\mu\text{m}$ .

Il CBN, sigla che sta per Nitruro di Boro nella forma allotropica cubica, è il secondo materiale più duro dopo il diamante. Esso possiede particolari caratteristiche meccaniche e chimiche che lo rendono uno dei migliori materiali per la lavorazione meccanica di un ampio range di materiali, in particolare gli acciai induriti. La sua buona conducibilità termica consente una migliore dissipazione del calore, con conseguente incremento delle prestazioni di taglio e minore usura. Il CBN consente quindi lavorazioni ad alte velocità di taglio e possibilità di lavorare con taglio interrotto.

Entrambe le fasi della lavorazione prevedono che il pezzo sia sostenuto in posizione verticale e messo in rotazione da un mandrino autocentrante.

L'inserto viene sostenuto da una torretta porta inserto a sei posizioni, mentre la mola viene sostenuta da un mandrino.

Tra la fase di sgrossatura e la fase di finitura il pezzo viene prima collocato in corrispondenza della torretta porta inserto, la quale viene settata dal programma sulla posizione corrispondente all'inserto e, al termine della prima fase, viene richiamata. Il pezzo si sposta longitudinalmente in corrispondenza del mandrino della mola, la quale si posiziona all'interno del foro, si accosta gradualmente alla superficie del pezzo ed esegue la lavorazione.

#### *4.2.4 Analisi*

Da piano produttivo si è evidenziato un incremento della domanda per tutto il secondo semestre dell'anno in corso. Ciò comporta una mancanza nella capacità di soddisfare la richiesta.

Le opzioni per reagire alla variazione di volumi sono le seguenti:

- la valutazione dell'acquisto di un nuovo macchinario;
- l'incremento della capacità interna attraverso la riduzione delle perdite o dei tempi di lavorazione;
- l'integrazione della mancata produzione attraverso aiuto officina.

La prima opzione non è economicamente conveniente poiché l'incremento produttivo non garantirebbe il rientro economico della spesa generata dall'acquisto di una nuova macchina.

La terza opzione comporterebbe una spesa per garantire i nuovi volumi produttivi richiesti: prima di ricercare un fornitore esterno si è quindi preferito analizzare la presenza di inefficienze di processo interne.

Il team selezionato ha dapprima individuato la macchina su cui intervenire grazie alla classificazione eseguita e descritta nel Capitolo 2. La macchina che si è scelto di analizzare presenta la situazione riportata in figura<sup>5</sup>.

Targa macchina											
Stato macchina											
Obsolescenza			Qualità			Maintenance skills					
1	bassa	x	1	nessuno		1	interna + esterna	x	1	nessuno	
2	media		2	solo su interoperazionale	x	2	interna		2	micro fermi	x
3	alta		3	su prodotto finito		3	esterna		3	fermo produttivo	
4						4	no interna no esterna				
5											

Influenza sul processo											
MorB			Collo di bottiglia			Volumi			T' ciclo		
1	Back-up 100%		1	no		1	1 turno		1	>3 min	
2	MorB parziale/ MorB 100%/ Back-up		2	si	x	2	2 turni		2	1,5< min < 2,99	x
3	No MorB: ribilanciamento	x				3	3 turni	x	3	<= 1,4 min	
4	No MorB: macchina singola										

		Influenza processo				
EI 60%		1	2	3	4	5
Stato macchina	1	green	green	green	yellow	red
	2	green	yellow	yellow	yellow	red
	3	yellow	yellow	yellow	yellow	red
	4	yellow	yellow	yellow	red	red
	5	red	red	red	red	red

Figura 39 - Matrice di rischio macchina considerata per il caso studio

Il passaggio successivo è stato valutare i KPI della macchina e le voci di perdita legate ad essa.

La scheda tecnica della macchina, che è stata compilata dal software con riferimento all'ultimo trimestre del 2022, mostra un OEE pari al 57,2%.

La prima voce di perdita tecnica per durata della macchina è legata alla messa a punto in fase di attrezzamento, pari a 49,33 ore.

<sup>5</sup> Per motivi di privacy aziendale il nome e la targa della macchina non sono riportati.

<b>Scheda macchina</b>				Dal	01/09/2022
				al	31/12/2022
<b>Indicatori macchina</b>				<b>Produzione [n° pezzi]</b>	
OEE	FTQ	MTBF [h]	MTTR [h]	35377	
57.21%	100%	8.33	1.72		
<b>Guasti</b>					
Evento		n° eventi	Durata [h]		
Anomalia carico navetta		9	68.78		
Anomalia PEL		3	40.92		
Guasto finecorsa		3	33.27		
Vassoio perso/deformato		3	32.08		
Time - out chiusura pinza navetta		1	20.25		
Anomalia azionamenti		1	13.92		
Vassoio deformato COMAU		1	9.33		
Anomalia bloccaggio pezzo		1	7.08		
Anomalia W+M		1	6.33		
Time - out centraggio pallet		1	4.93		
Allarme mancanza cassone truciolo		1	4.17		
Guasto raffreddamento mandrini		1	3		
Guasto pinza W+M		1	2		
<b>Perdite tecniche</b>					
Evento		n° eventi	Durata [h]		
<b>MAP</b>		<b>19</b>	<b>49.33</b>		
Attrezzamento		47	31.33		
Problemi di qualità		6	5.25		
Serraggio pezzo		1	5		
Regolazione fotocellula navetta		5	4.92		
Mancanza olio		5	4		
Avvio impianto		2	2.5		
<b>Perdite gestionali</b>					
Evento		n° eventi	Durata [h]		
Mancanza materiale		9	18.47		
Attesa pezzo		6	16.33		
Riunione/corso		9	15.5		
<b>Non conformi</b>					
Disegno	Non conformità		n° pezzi		
8873801	Quota dentatura maggiorata		1		

Figura 40 - Scheda macchina caso studio

L'analisi della voce di perdita ha individuato la causa nel processo di rinvivatura della mola. Quest'ultima è cadenzata in automatico dalla macchina, che esegue l'operazione internamente attraverso un rullo rinvivatore. Per varie motivazioni, tra cui la corretta registrazione e l'equilibratura, a seguito di ogni rinvivatura è previsto un controllo tridimensionale completo sul particolare lavorato. Tale operazione deve essere effettuata a macchina ferma: interruzione del processo.

### 4.2.3 Proposta di soluzione

Possibili interventi utili per il miglioramento dell'efficienza del processo sono:

- l'aumento sulla velocità degli assi, così da ridurre i tempi di movimentazione del pezzo;
- la valutazione di una nuova mola più efficiente rispetto a quella in uso.

La prima opzione non è risultata possibile dato che la macchina lavora già con velocità degli assi massima, mentre la seconda opzione risulta inefficace poiché, pur cambiando la mola, non vengono eliminate le inefficienze dovute alla rattivatura e alla messa a punto dell'utensile.

Si è quindi valutata la possibilità di eliminare il processo rettifica e di passare a una lavorazione di tornitura dura mediante inserto in CBN anche per il processo di finitura del pezzo. Poiché già l'operazione di sgrossatura viene eseguita mediante tornitura dura la macchina risulta avere le caratteristiche adeguate rispetto a un tornio tradizionale per poter eseguire la lavorazione.

È una tendenza comune nell'industria delle lavorazioni metalmeccaniche odierna [21] quella di ricercare inserti da taglio dalle caratteristiche sempre più spinte al fine di eliminare il processo di rettifica, passando quindi a una sola lavorazione di tornitura su pezzi cementati.

L'utilizzo del CBN consente all'inserto una velocità di avanzamento molto superiore rispetto agli inserti tradizionali e inoltre permette di ottenere valori di rugosità superficiale molto bassi. I vantaggi legati a queste classi di inserti sono dovuti anche alla loro particolare geometria: la zona di raccordo tra la punta e il fianco dell'utensile è più estesa e quindi anche la superficie tagliente a contatto con il semilavorato risulta più ampia. Un'ulteriore conseguenza di ciò è anche la possibilità di mantenere i valori di rugosità superficiale ottenibili costanti per tutta la durata dell'utensile.

Prima di qualsiasi altra valutazione in termini di efficienza e di costi di lavorazione si sono effettuate delle prove al fine di verificare che la lavorazione di tornitura rispettasse i requisiti qualitativi.

Dopo aver verificato che il cambio di processo non risultasse impattante per la qualità si sono analizzati i vari aspetti delle due lavorazioni e si sono messi in luce, rispetto alla lavorazione di rettifica, i seguenti aspetti migliorativi:

- Diminuzione del tempo ciclo a seguito della diminuzione dei tempi di movimentazione del pezzo. L'utensile per la finitura è stato montato nella stessa torretta porta utensili sulla quale era già montato l'utensile di sgrossatura. Il ciclo di lavorazione che prima prevedeva la movimentazione del pezzo prima in posizione rispetto alla torretta e poi la traslazione in posizione rispetto al mandrino della mola ora prevede che il pezzo rimanga sulla posizione rispetto alla torretta ed è la torretta che tra sgrossatura e la finitura cambia posizione e avanza coi due utensili consecutivamente.
- Eliminazione del processo di rinvivatura. Dal momento che la rinvivatura non è più necessaria vengono meno tutte le voci di costo di processo dovute al costo del rullo rinvivatore, i tempi di attrezzamento e di messa a punto dello stesso e il tempo di rinvivatura.
- Riduzione dei tempi di attrezzamento e di messa a punto dell'utensile. Il cambio utensile nel caso di inserto risulta essere estremamente più semplice, più rapido e più ergonomico per l'addetto macchina rispetto al cambio utensile nel caso di mola
- Riduzione del tempo di lavorazione.

La mola rispetto all'inserto ha una vita utile sicuramente superiore e questo comporta, per il nuovo processo, un incremento del numero di attrezzamenti.

Tuttavia il costo infinitamente inferiore dell'inserto rispetto al costo della mola (si parla circa di un decimo del costo della mola) rende comunque vantaggioso l'utilizzo dell'inserto. Nonostante il numero di attrezzamenti aumenti, considerando l'arco temporale di un anno si è valutato che comunque il tempo cumulato di attrezzamento risulta inferiore per l'inserto

rispetto che per la mola, senza considerare il tempo necessario all'attrezzamento del rullo di ravnivatura.

Dopo aver fatto le seguenti valutazioni si sono svolte delle prove di produzione nell'arco di tre giorni che sono servite a valutare effettivamente i tempi di lavorazione, la costanza della resa qualitativa del processo mediante controlli della sala metrologica a macchina ferma e a valutare l'efficienza complessiva del processo completo (fase di sgrossatura e di finitura).

Una comparativa tra le due lavorazioni è riportata nella seguente tabella<sup>6</sup>.

Descrizione	Rettifica		Tornitura dura	
		Costo [€]		Costo [€]
Utensile		100		9.15
Rullo di ravnivatura		394.32		
Durata rullo di ravnivatura [n° pezzi]	1364			
Durata utensile [n° pezzi]	1730			63
Durata MAP cambio utensile [h]	0.47			0.01
Durata cambio rullo di ravnivatura [h]	0.6			
Richiesta unità assemblate anno	22334		22334	
n° cambi utensile	4	400	112	1024.8
n° sostituzioni rullo di ravnivatura	5	1971.6	0	
Durata cambio utensile [h]	0.608	14.592	0.309	7.416
Durata cambio rullo di ravnivatura [h]	1.028	24.672		
Tempo lavorazione [min]	0.339		0.292	
Tempo iniziativa [min]	0.29		0.293	
Δt a iniziativa	0.046	408.63	0	
Produzione giornaliera t iniziativa	242		242	
Produzione giornaliera (efficienza 100%)	209		243	
Δ produzione iniziativa	-33		0	
Previsione variazione OEE	13.6%		0%	
<b>Totale costi [€]</b>		2819.5		1032.2
<b>Saving [€]</b>				1787.3

Figura 41 - Comparativa tra le due lavorazioni

L'analisi svolta sul cambio di lavorazione all'interno del processo ha condotto a una stima dell'incremento di efficienza, intesa come incremento dell'OEE della macchina, pari al 13%. La stima è stata eseguita confrontando i tempi ciclo tra le due lavorazioni e il risultato ottenuto viene calcolato in modo peggiorativo del 5% per scelte aziendali. Tale incremento sarà valutato attraverso l'analisi dei KPI condotta tramite il database.

Una volta che il nuovo processo è stato validato per il primo part number considerato si è proceduto a svolgere le prove per altri due part number che subiscono lo stesso processo e

<sup>6</sup> I valori riportati sono qualitativi: considerato pari a 100€ il costo unitario della mola tutte le altre voci sono state calcolate di conseguenza.

si è subito provveduto a implementare il cambio di lavorazione sulle due macchine identiche presenti in linea.

L'intervento sulla macchina ha condotto a rivalutare la macchina analizzata in base ai risultati attesi.

Targa macchina										
Stato macchina										
Obsolescenza			Qualità			Maintenance skills				
1	bassa	x	1	nessuno		1	interna + esterna	x	1	nessuno
2	media		2	solo su interoperazionale	x	2	interna		2	micro fermi
3	alta		3	su prodotto finito		3	esterna		3	fermo produttivo
4						4	no interna no esterna			
5										
Influenza sul processo										
MorB		Collo di bottiglia			Volumi		T' ciclo			
1	Back-up 100%		1	no	x	1	1 turno		1	>3 min
2	MorB parziale/ MorB 100%/ Back-up	x	2	si		2	2 turni		2	1,5< min < 2,99
3	No MorB: ribilanciamento					3	3 turni	x	3	<= 1,4 min
4	No MorB: macchina singola									

EI		Influenza processo				
36%		1	2	3	4	5
Stato macchina	1	green	green	green	yellow	red
	2	green	green	yellow	yellow	red
	3	yellow	yellow	1	yellow	red
	4	yellow	yellow	yellow	red	red
	5	red	red	red	red	red

Figura 42 - Variazione matrice di rischio attesa dopo l'intervento

La matrice di rischio evidenzia un miglioramento dell'influenza sul processo legata alle seguenti conseguenze dell'intervento:

- l'incremento atteso di efficienza calcolato sulle tre macchine della linea conduce complessivamente a un incremento del 39% della capacità produttiva. Questo si traduce in un incremento dei volumi prodotti che non solo potrà assorbire l'incremento di richiesta atteso, bensì consentirà un potenziale back – up della produzione nel caso in cui una delle tre macchine si fermi per guasto;
- per gli stessi motivi la macchina non costituirà più un collo di bottiglia per la linea.

## Conclusioni

Il lavoro di tesi costituisce, nel contesto aziendale, un punto di partenza sulla base del quale vengono quotidianamente portate avanti nuove attività che migliorino lo strumento di raccolta dati realizzato.

Uno dei limiti attuali dello strumento di raccolta dati riguarda l'analisi delle perdite di efficienza cumulate sui macchinari. Attualmente le perdite vengono descritte da valori medi di durata espressi in ore che, nel caso di campionamenti molto ampi come quelli che consente lo strumento, è difficile che possano caratterizzare in maniera chiara e funzionale un fenomeno senza ricorrere all'analisi statistica. L'applicazione degli strumenti di statistica descrittiva consentirebbe di rappresentare il fenomeno approssimandolo con una distribuzione di probabilità.

In questo modo la crescita della mole di dati a disposizione grazie al contributo giornaliero dei conduttori macchina consentirà di definire in maniera sempre più fedele l'andamento di tutti i macchinari all'interno dell'unità operativa.

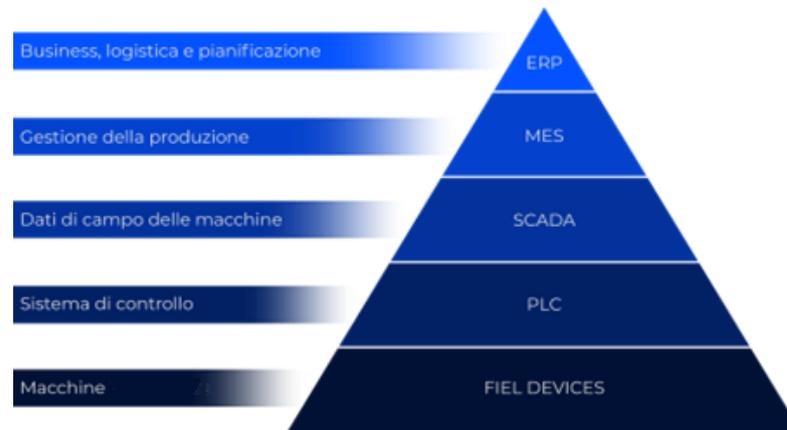
Lo strumento di raccolta dati, al suo stato attuale, restituisce informazioni che possono essere discriminanti per diverse decisioni aziendali. La comunicazione delle informazioni raccolte al management aziendale avviene tuttavia in maniera statica. L'implementazione di un sistema MES<sup>7</sup> consentirebbe una comunicazione delle informazioni dinamica tra la parte operativa e la parte gestionale dell'azienda, le quali verrebbero tra loro influenzate in maniera iterativa. Un sistema MES costituisce il collegamento tra quello che prende il nome di ERP<sup>8</sup> e lo SCADA<sup>9</sup>. L'ERP è una tipologia di software che consente la gestione delle attività dell'azienda: pianificazione, previsione e comunicazione dei risultati [23]. Un sistema SCADA è un software che consente in maniera diretta di supervisionare lo stato di un processo [24].

---

<sup>7</sup> Manufacturing Execution System

<sup>8</sup> Enterprise Resource Planning

<sup>9</sup> Supervisory Control and Data Acquisition



*Figura 43 - Piramide all'automazione in chiave Industria 4.0 [22]*

L'obiettivo che ci si è posti nella creazione dello strumento di raccolta dati è quello di ottenere un sistema in grado di fornire tutte le indicazioni utili alla stesura del budget dell'anno 2024 e di poter fornire un quadro quanto più realistico degli scenari relativi ai budget 2025 e 2026, tenendo comunque in considerazione le fluttuazioni del mercato che potrebbero rendere un domani sovradimensionate o sottodimensionate le stime realizzate oggi.

## Bibliografia e sitografia

- [1] <https://www.considi.it/lean-thinking/>
- [2] <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/valuestreammapping.html>
- [3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Value-stream\\_mapping](https://en.wikipedia.org/wiki/Value-stream_mapping)
- [4] <https://www.manutenzione-online.com/articolo/adottare-il-metodo-5s-per-lorganizzazione-dei-propri-utensili/>
- [5] <https://it.wikipedia.org/wiki/Kanban>
- [6] <https://www.mitconsulting.it/tpm-total-productive-maintenance/>
- [7] <https://bim.acca.it/total-productive-maintenance-tpm/>
- [8] - Galgano A. (2008), Il metodo scientifico nella gestione aziendale, Guerini e Associati
- [9] Ketter S. e Massone L. (2007), I pilastri tecnici del WCM, FCA Group, documentazione interna aziendale
- [10] <https://mynext.it/it/i-pilastri-del-wcm/>
- [11] <https://www.iwolm.com/blog/il-metodo-pdca-o-ruota-di-deming/>
- [12] <https://www.produzioneagile.it/ishikawa/>
- [13] <https://www.produzioneagile.it/kaizen-pdca/>
- [14] [https://www.fptindustrial.com/en/products/drivelines/transmissions?sc\\_lang=it](https://www.fptindustrial.com/en/products/drivelines/transmissions?sc_lang=it)
- [15] <https://strategiedigitali.net/kpi-aziendali-definizione-significato-ed-esempi/>
- [16] Kaplan R. e Norton D. (2000), Balanced Scorecard. Tradurre la strategia in azione, ISEDI Editore
- [17] <https://www.mainsim.com/academy/mtbf/>
- [18] <https://www.atlassian.com/it/incident-management/kpis/common-metrics>
- [19] <https://www.meccanicanews.com/rettifica/>
- [20] <https://www.meccanicanews.com/tornitura/>
- [21] <https://www.techmec.it/rettificatrice/>
- [22] <https://tecnofluss.com/2021/05/12/transizione-4-0-2/>
- [23] <https://www.oracle.com/it/erp/what-is-erp/>
- [24] <https://www.sielcosistemi.com/it/cosa-%C3%A8-scada.html>

## Indice delle figure

Figura 1 - Principi del Lean Thinking [1]	7
Figura 2 - Esempio VSM [3]	10
Figura 3 - 5S [4]	10
Figura 4 - Schema chiamata Kanban [5]	11
Figura 5 - Tempio del WCM [10]	18
Figura 6 - Ciclo PDCA [11]	21
Figura 7 - Scomposizione problema tramite metodo delle 4M e costruzione del diagramma di Ishikawa [12]	22
Figura 8 - FPT Turin Driveline Plant	30
Figura 9 - Organigramma U.O. Transmissions	31
Figura 10 - Planimetria U.O. Transmissions	32
Figura 11 - Cambio FT 50.6 [14]	32
Figura 12 - Flow Chart U.O. Transmissions	33
Figura 13 - Matrice di rischio	40
Figura 14 - Classificazione macchina e Economic Impact	42
Figura 15 - Matrice di rischio (macchina non critica)	44
Figura 16 - Proposta di investimento (macchina non critica)	45
Figura 17 - Financial Risk (macchina non critica)	45
Figura 18 - Matrice di rischio (macchina mediamente critica)	46
Figura 19 - Proposta di investimento (macchina mediamente critica)	46
Figura 20 - Financial Risk (macchina mediamente critica)	47
Figura 21 - Matrice di rischio (macchina critica)	48
Figura 22 - Proposta di investimento (macchina critica)	48
Figura 23 - Financial Risk (macchina critica)	48
Figura 24 - MTBF e MTTR [18]	54
Figura 25 - Maschera per inserimento dati di produzione	59

	95
Figura 26 - Maschera per inserimento dati legati a guasti e perdite	60
Figura 27 - Maschera per inserimento dati legati alla qualità	60
Figura 28 - Maschera di inserimento dati per la gestione	61
Figura 29 - Maschera di selezione categoria di report	63
Figura 30 - Maschera di selezione report di produzione	64
Figura 31 - Maschera di selezione report di manutenzione	65
Figura 32 - Maschera di selezione report di qualità	67
Figura 33 - Maschera di selezione report indicatori	67
Figura 34 - Esempio report indicatori	69
Figura 35 - Scheda macchina	73
Figura 36 - Grafico report indicatori	74
Figura 37 - Modello Kaizen	76
Figura 38 - Action Plan	77
Figura 39 - Matrice di rischio macchina considerata per il caso studio	85
Figura 40 - Scheda macchina caso studio	86
Figura 41 - Variazione matrice di rischio attesa dopo l'intervento	90
Figura 42 - Piramide all'automazione in chiave Industria 4.0 [23]	92