



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di laurea in ingegneria meccanica

Gestioni dei costi e delle performance nei progetti di manutenzione

Cost management and performance in maintenance projects

Relatore:

Chiar.mo Prof. Ing.

FILIPPO EMANUELE CIARAPICA

Tesi di laurea di:

ANTONIO DI FOGLIO

Anno Accademico 2018-2019



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di laurea in ingegneria meccanica

Tesi di laurea

**Gestioni dei costi e delle performance nei progetti di
manutenzione**

**Cost management and performance in maintenance
projects**

Relatore: **Prof. Filippo Emanuele Ciarapica**

Tesi di laurea di: **Antonio Di Foglio**

A.A. 2018-2019

Indice

Introduzione	3
---------------------------	---

Capitolo 1

1.1 Teoria dell'affidabilità.....	4
1.2 Definizioni e parametri.....	5
1.3 Tempo al guasto τ	6
1.4 Probabilità di guasto $F(t)$	6
1.5 Affidabilità di un componente $R(t)$	7
1.6 Affidabilità di un sistema $R_S(t)$	8
1.7 Tempo medio tra guasti.....	10
1.8 Manutenibilità.....	11
1.9 Disponibilità di componenti e sistemi.....	12
1.10 Costi globali.....	14

Capitolo 2

2.1 Politiche di manutenzione.....	16
2.2 Tipi di politiche di manutenzione.....	17
2.3 Logiche per la definizione della politica di manutenzione.....	19
2.4 Manutenzione preventiva.....	20
2.5 Manutenzione preventiva a data costante.....	21
2.6 Manutenzione preventiva a periodo costante.....	22
2.7 Manutenzione preventiva su condizione o sintomatica.....	23
2.8 Manutenzione correttiva.....	24
2.9 Manutenzione predittiva.....	25
2.10 MAGEC.....	26
2.11 Manutenzione produttiva (TPM).....	27
2.12 Sostituzione nel caso n componenti.....	29

Capitolo 3

3.1 Sistema dei costi.....	31
3.2 Classificazione dei costi di manutenzione.....	32
3.3 Valutazione del costo di manutenzione.....	33
3.4 Costi diretti.....	35
3.5 Budget di manutenzione.....	37
3.6 Formulazione e controllo del budget.....	38

Conclusione	40
--------------------------	----

Bibliografia	41
---------------------------	----

Introduzione

La **Manutenzione** è la scienza che finalizza le attività umane ad un impiego economico e sostenibile delle risorse, nella progettazione e nella gestione dei sistemi antropizzati e nella conservazione dei sistemi naturali. La Manutenzione ha il compito di adeguare e se possibile migliorare costantemente i sistemi alle esigenze espresse dai loro utilizzatori, ricorrendo dove necessario alla loro riprogettazione o alla loro sostituzione, quando i nuovi sistemi si rendono economicamente più vantaggiosi. Va pianificata e progettata con la redazione di un piano di manutenzione preventiva con l'intento di azzerare gli interventi di manutenzione correttiva dovuta a guasti incidentali e spesso non prevedibili e per questo è indispensabile che il personale addetto abbia le indispensabili competenze e che sia formato costantemente a saper coordinare gli interventi da eseguire al fine di garantire la continuità produttiva e i livelli desiderati di disponibilità impiantistica.

In una delibera dell'OCSE del 1963, la manutenzione fu definita con:

“S'intende per manutenzione quella funzione aziendale alla quale sono demandati il controllo costante degli impianti e l'insieme dei lavori di riparazione e revisione necessari ad assicurare il funzionamento regolare e il buono stato di conservazione degli impianti produttivi, dei servizi e delle attrezzature di stabilimento.”

Capitolo 1

1.1 Teoria dell'affidabilità

Il complesso degli argomenti che vengono raggruppati nel linguaggio corrente sotto il nome di "teoria dell'affidabilità" comprende un insieme di teorie e metodi matematici e statistici, di metodi organizzativi e di pratiche operative che, attraverso lo studio delle leggi di occorrenza dei guasti, sono volti alla soluzione di problemi di previsione, stima, ottimizzazione delle probabilità di sopravvivenza, durata media di vita, percentuale di tempo di buon funzionamento di un sistema. Questa teoria è stata sviluppata con lo scopo di fornire metodi per valutare la funzionalità di un prodotto o un servizio durante l'intera durata del suo utilizzo. Questi metodi consistono in tecniche per determinare cosa potrebbe non funzionare, come si possa prevenire il guasto e, nel caso in cui il guasto si verifichi, quali siano gli interventi più adatti a ripristinare rapidamente il funzionamento e limitare le conseguenze.

L'affidabilità di un elemento è definita come la probabilità che l'elemento funzioni senza guastarsi per un certo tempo t ed in determinate condizioni ambientali. All'elemento preso in considerazione si possono assegnare due stati, che lo caratterizzano in ogni istante della sua vita: uno di buon funzionamento, l'altro di cattivo funzionamento; a tale elemento si può associare dunque la probabilità di verificarsi dell'uno e dell'altro dei due stati.

L'affidabilità costa: all'aumentare del grado di affidabilità occorre fare studi più accurati, progettazioni più impegnative, sperimentazioni più severe; tutto questo comporta un aumento dei "costi di produzione". All'aumentare del grado di affidabilità, però, diminuiranno i costi inerenti ai guasti che vengono indicati come "costi di manutenzione" e che riguardano, oltre la manutenzione, i ricambi, gli oneri derivanti dalla mancata produzione ecc.

Il costo dell'affidabilità è la somma dei due costi esaminati: tale somma avrà un minimo a cui corrisponderà un certo valore ottimale di affidabilità, come riportato in Figura 1.

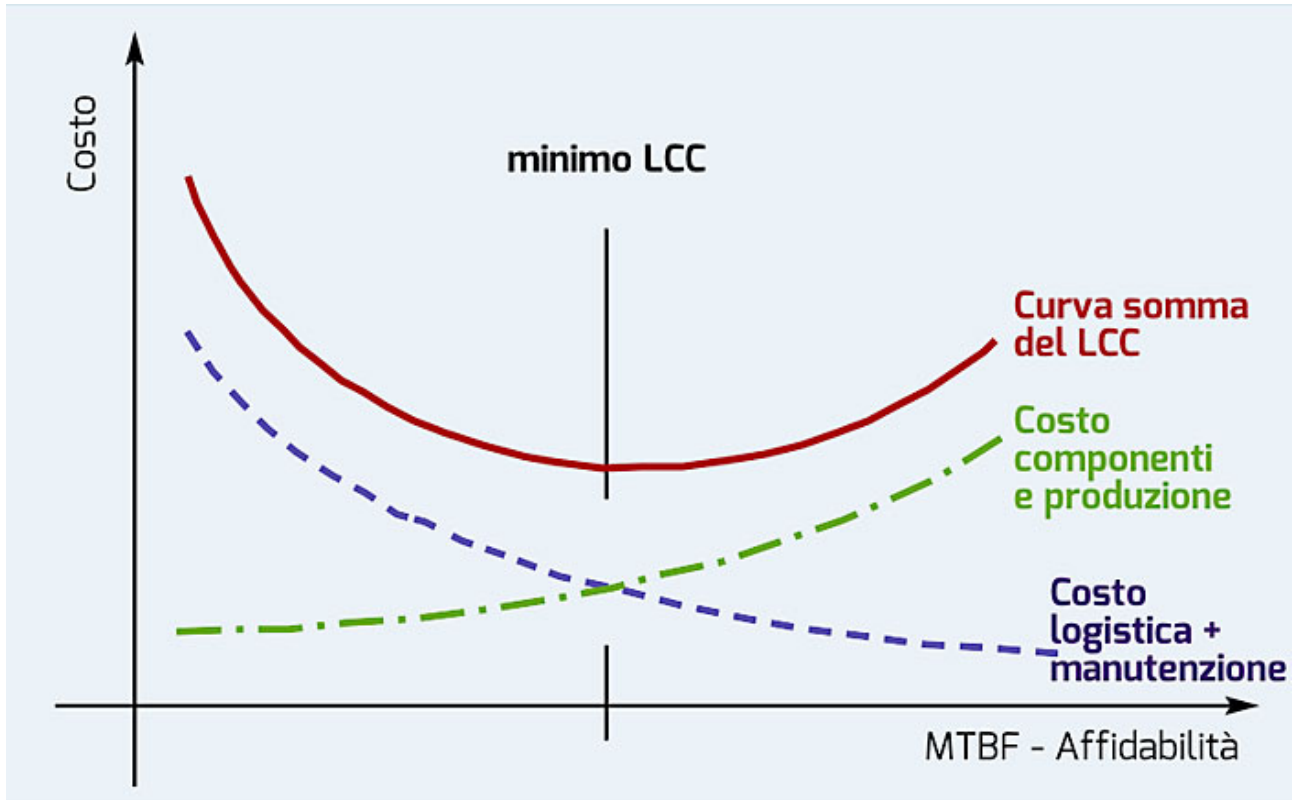


Figura 1: Il costo dell'affidabilità

Ovviamente l'aumento dell'affidabilità ai minimi costi globali deve essere l'obiettivo di chi opera in progettazione e manutenzione.

1.2 Definizioni e parametri

La teoria dell'affidabilità è una materia molto ampia; di seguito verrà trattata in maniera semplificata analizzando gli aspetti che riguardano la manutenzione. In generale si indica con il termine guasto “un'anomalia che compromette il regolare funzionamento di un sistema”, ovvero una variazione delle prestazioni del dispositivo che lo renda non adatto all'uso per il quale esso era destinato. In questi termini risulta guasto anche un dispositivo che non esegue correttamente

la funzione per la quale è stato progettato. la condizione di guasto si riferisce in generale al solo dispositivo preso in esame: se tale dispositivo è inserito in un sistema più complesso, il suo guasto può anche non causare il guasto dell'intero sistema, pur avendo effetti negativi sulla sua affidabilità.

1.3 Tempo al guasto τ

Un generico componente presenta dei periodi in cui non è in grado di funzionare; il tempo che intercorre tra due guasti si indica con τ e viene chiamato tempo al guasto o TTF (time to failure). Viene definita una grandezza di tipo casuale poiché dipende da numerosi fattori ed è molto difficile determinare il singolo contributo di ciascun fattore. A volte il comportamento di τ può essere descritto da funzioni $f(t)$ che rappresentano la distribuzione di probabilità dei valori di τ . Per esse valgono le seguenti proprietà:

Probabilità che $\tau < T$ $P(\tau < T) = \int_{-\infty}^T f(x)dx$

Condizione di normalizzazione $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1$

$f(t)$ è detto rateo di guasto non condizionato e rappresenta la velocità puntuale (al tempo t) con cui un generico componente si rompe all'istante t , quando è messo in funzione all'istante $t = 0$.

1.4 Probabilità di guasto $F(t)$

Questa grandezza rappresenta la probabilità che un componente si rompa nell'intervallo $T=[0,t]$.

Essa è definita da: $F(T) = \int_0^t f(t)dt$

e corrisponde alla probabilità che il tempo tra guasti sia inferiore a t .

Di conseguenza si ha che:

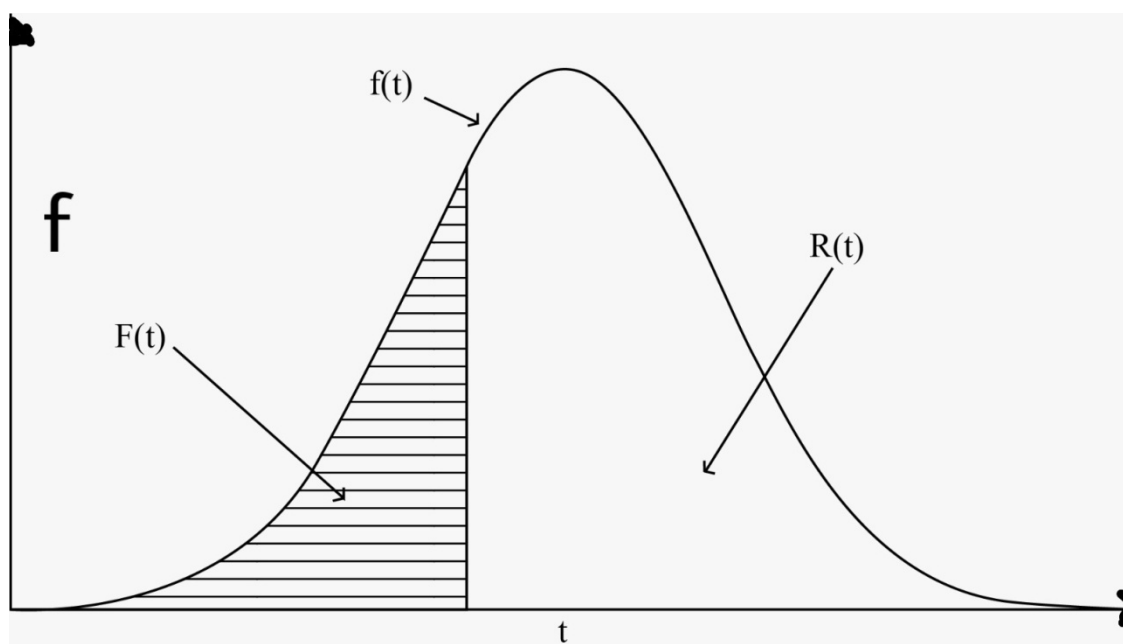
$$f(t) = \frac{dF(T)}{dt}$$

1.5 Affidabilità di un componente R(t)

E' una grandezza definita in un intervallo T, tuttavia spesso si indica come R(t), poiché fissato il tempo t_0 in cui si mette in opera il componente, t determina univocamente anche l'intervallo $T=t-t_0$. L'espressione più generale dell'affidabilità è:

$$R(T) = \int_T^{-\infty} f(x)dx$$

In caso di una funzione di distribuzione f(t) normale, si ha la seguente situazione:



1.6 Affidabilità di un sistema $R_s(T)$

L'affidabilità è anche funzione della complessità del sistema. E' quindi fondamentale stabilire questa relazione per ciascuna configurazione. In altre parole si tratta di definire come ciascun singolo componente influenza il buon funzionamento del sistema:

$$R_s = f(R_i) \quad i = 1,2,3, \dots \dots n$$

R_s rappresenta l'affidabilità del sistema e R_i quella di ciascuno degli elementi che lo compongono. E' importante per l'analisi del sistema, il grado d'indipendenza o dipendenza fra i singoli elementi che lo compongono; è quindi necessario considerare i seguenti casi:

- ❖ il guasto di un elemento costituente il sistema è causale e statisticamente indipendente dal fatto che si produca un guasto in un altro elemento del sistema;
- ❖ la definizione tra lo stato di funzionamento e quello di guasto è dipendente dal modo con il quale funzionano le altre parti del sistema

Il funzionamento di un sistema dal punto di vista dell'affidabilità si rappresenta con schema a blocchi, e ciascun blocco rappresenta un sottosistema o un componente

Si definisce un sistema in serie quando il guasto di un qualsiasi dei suoi elementi, come evento indipendente, determina il guasto del sistema nel suo insieme (fig2).

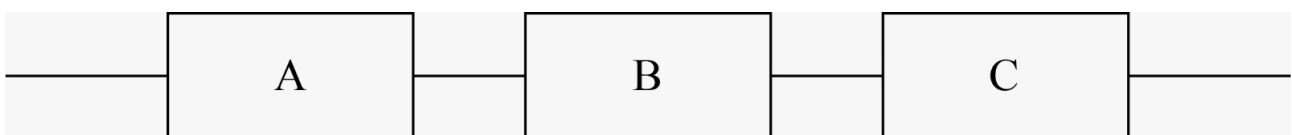


figura 2

L'affidabilità di un sistema in serie corrisponde alla probabilità che tutti gli elementi non si guastino in un tempo determinato. considerando un sistema composto da n elementi, abbiamo:

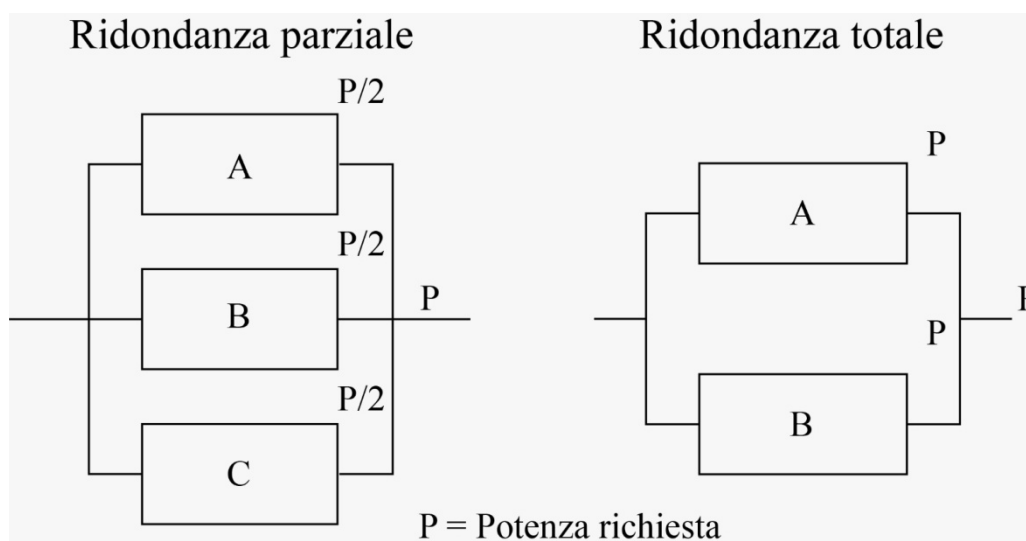
$$R_s(t) = R_1(t)R_2(t) \dots R_n(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t)$$

$R_s(t)$ = affidabilità del sistema

$R_i(t)$ =affidabilità del singolo componente

Diverso è il caso dei sistemi in parallelo. Un sistema di n componenti viene considerato parallelo rispetto ad un determinato evento guasto, quando l'evento guasto si verifica nel momento in cui tutti i componenti o un certo numero di componenti del sistema sono guasti, posto che tutti i componenti sono in funzione contemporaneamente. Questi sistemi vengono detti anche ridondanti ed esistono due tipi di ridondanza in parallelo:

- ❖ ridondanza totale, cioè un sistema nel quale un solo elemento è in grado di sopportare il carico totale del sistema;
- ❖ ridondanza parziale, nella quale un gruppo di elementi è in grado di sopportare il carico del sistema.



Per determinare l'affidabilità del sistema con ridondanza totale, come per i sistemi in serie, si utilizza il calcolo delle probabilità. Per esempio, un sistema composto da due elementi A e B in parallelo, l'affidabilità del sistema R_s sarà:

$$R_s = R_A + R_B - R_A R_B$$

Nel caso dei sistemi con ridondanza parziale a differenza del caso precedente, l'affidabilità è data da:

$$R_s = P(r \leq j \leq n) = \sum_{j=r}^n \binom{n}{j} R_j (1 - R)^{n-j}$$

in cui R è l'affidabilità per un tempo t determinato per un sistema composto da n elementi, dei quali se ne richiede r in buon funzionamento perché funzioni il sistema.

1.7 Tempo medio tra guasti

Viene definito MTBF (mean time between failure) il tempo medio tra guasti per pezzi che possono essere riparati e riutilizzati, e MTTF (mean time to failure) il tempo medio tra guasti per pezzi che devono essere sostituiti.

$$MTBF = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

Per i componenti non riparabili il MTBF coincide con la durata di vita che è definita come il periodo di tempo in cui il componente mantiene le sue funzionalità.

1.8 Manutenibilità

E' il concetto che caratterizza la facilità di fare manutenzione. La maggior parte delle volte si associa erroneamente questo concetto con l'MTTR, il quale non

prende in considerazione ciò che avviene al termine della riparazione. La manutenibilità di una macchina può variare in relazione a:

- ❖ tempo di preparazione;
- ❖ tempo di localizzazione del guasto;
- ❖ tempo di smontaggio;
- ❖ tempo di ottenimento dei pezzi e dei materiali necessari;
- ❖ tempo di riparazione propriamente detto;
- ❖ tempo di riparazione e calibrazione;
- ❖ tempo di montaggio;
- ❖ tempo di verifica del buon funzionamento del componente riparato;
- ❖ tempo di pulizia.

Ogni azione di miglioramento della manutenibilità deve mirare alla minimizzazione del tempo di riparazione medio e la deviazione standard, mediante il miglioramento dei parametri sopra menzionati.

L'MTTR per sistemi con numerosi componenti è espresso come:

$$MTTR = \frac{\sum_{i=0}^n Ni \times \alpha_i \times \tau_i}{\sum_{i=0}^n Ni \times \alpha_i}$$

dove:

N_i : numero di parti componenti del tipo i-esimo

τ_i : tempo medio di riparazione del tipo i-esimo

α_i : numero medio di guasti per unità di tempo del tipo i-esimo

1.9 Disponibilità di componenti e sistemi

La disponibilità è un indice molto utilizzato e facile da comprendere, e tiene conto sia dell'affidabilità del sistema sia degli aspetti manutentivi. Viene definita dal rapporto fra il tempo in cui l'impianto può essere utilizzato e il

tempo totale, che include il tempo precedente più il tempo della riparazione (rapporto percentuale fra tempo di funzionamento e tempo totale):

$$A = \frac{UT}{UT + DT}$$

UT (up time): tempo durante il quale il sistema è realmente disponibile per il funzionamento

DT (down time): tempo fuori servizio dovuto a cause tecniche.

La disponibilità intrinseca è data:

$$\text{Disponibilità attesa} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Dove l'MTBF è il tempo medio fra guasti e il MTTR è il tempo medio di riparazione. Questi due parametri tengono conto però, solo delle fermate per guasto, invece il tempo di non funzionamento di una macchina è la somma del tempo usato per le operazioni di manutenzione preventiva e il tempo speso per manutenzione correttiva.

Definendo alcune variabili che si rilevano nell'esperienza possiamo scrivere il tempo di riparazione totale in questo altro modo:

$$MTTR_p \times N_p + MTTR_c \times N_c$$

N_c : numero di operazioni di manutenzione correttiva nel periodo analizzato;

N_p : numero di operazioni di manutenzione preventiva nel periodo analizzato;

$MTTR_c$: tempo medio di riparazione correttiva;

$MTTR_p$: tempo medio di riparazione preventiva.

Per il calcolo della disponibilità si rendono necessari i seguenti dati statistici:

T_i : tempo di funzionamento;

t_i : tempo di riparazione;

N: numero di serie funzionamento-riparazione in analisi.

Il down time e l'up time verranno definiti come segue;

$$UT = \sum_{i=1}^n T_i \quad DT = \sum_{i=1}^n t_i$$

quindi abbiamo:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{\sum_{i=1}^N T_i + \sum_{i=1}^N t_i}$$

Quando andiamo a considerare sistemi complessi, per il calcolo della disponibilità, si può ricorrere alle regole usate nel calcolo dell'affidabilità.

Per i sistemi in serie abbiamo:

$$A_s = \prod A_i$$

che mette in relazione la disponibilità del sistema A_s con la disponibilità dei suoi componenti A_i . Nel caso di sistemi in parallelo abbiamo:

$$A_s = 1 - \prod(1 - A_i)$$

dove il secondo termine indica l'indisponibilità di ciascun componente del sistema.

Le considerazioni fatte in precedenza, dal punto di vista teorico, non sono del tutto corrette. Per effettuare un calcolo corretto della disponibilità, dovrebbe essere tenuto in considerazione l'influenza dei tempi di riparazione, il numero di macchine disponibili per la riparazione e la dipendenza della frequenza di guasto del numero di unità che funzionano simultaneamente. Per non complicare ulteriormente il processo di calcolo, consideriamo le relazioni viste in precedenza corrette per l'analisi di casi pratici.

1.10 Costi globali

I costi globali sono il valore di tutti i costi associati ad un progetto, inclusi quelli tangibili e intangibili. I primi sono gli investimenti e i costi di esercizio mentre quelli intangibili sono i costi dovuti all'inefficienza. L'equazione del costo globale si può scrivere in questo modo:

$$C_{globale} = C_{capitale\ installato} + C_{inefficienza} + C_{operativi}$$

Costo del capitale installato: questo costo viene determinato dalle macchine prese in considerazione dal progetto iniziale. E' anche previsto il capitale circolante necessario all'avvio dell'impianto:

$$C_{investimento} = N \times C_e,$$

C_e è il costo della macchina installata ed N è il numero delle macchine.

Il **costo di inefficienza** è dato dal costo attribuito alla non disponibilità della macchina nel periodo preso in esame;

$$C_{inefficienza} = \sum_{k=1}^N \frac{1}{(1+i)^k} \cdot H \cdot C_i \cdot (1 - A_{sist})$$

dove:

C_i : costo orario d'inefficienza (£/ora, £/giorno, ...);

H : periodo d'esame del progetto;

A_{sist} : Disponibilità del sistema;

i : tasso d'interesse del capitale per l'impresa;

k : anni di esercizio.

La sommatoria è l'attualizzazione del flusso economico prodotto dai costi di inefficienza.

Talvolta i costi di inefficienza sono così elevati che conviene avere un maggior numero di macchine, per tendere così alla disponibilità “ideale” del sistema. Queste macchine, ovviamente, sono le riserve di quelle più critiche del sistema. Queste analisi si realizzano per convenienza nella fase progettuale ma si realizzano anche quando il sistema è già in marcia. Aumentando l’affidabilità, effettuando delle modifiche, migliorerà la disponibilità, andando a diminuire i costi di inefficienza ma ad aumentare i costi relativi all’investimento iniziale del progetto.

Una volta definiti i costi globali, si possono valutare varie alternative di macchine e configurazione del sistema, ovviamente la miglior alternativa sarà quella con il costo globale minore.

Capitolo 2

2.1 Politiche di manutenzione

In un contesto mondiale dove è necessario massimizzare efficienza e produttività, la manutenzione rappresenta sempre più un fattore strategico, in quanto attività economica finalizzata al raggiungimento del massimo livello di utilizzabilità e disponibilità degli impianti e dei fattori produttivi, realizzando questo obiettivo con efficacia e rapidità. La ricerca della politica di manutenzione è di definire il complesso delle strategie da seguire, che permettano di gestire un impianto minimizzando i costi globali, considerando i costi propri di manutenzione, i costi delle inefficienze, i costi del capitale fisso e i diversi costi associati. Nel capitolo precedente abbiamo conosciuto il concetto dell'affidabilità, che è utile sia in fase di progettazione che durante la fase di esercizio (politica di manutenzione). Nel caso di un aereo, semplicemente non si può avere un guasto, poiché le conseguenze sarebbero disastrose. Invece nel caso di una macchina industriale è prevista anche l'esistenza di un guasto e in quel caso l'obiettivo sarà di minimizzare i costi associati alla manutenzione. La manutenzione non è quindi costituita solo da azioni "tecniche" correttive o di sostituzione delle parti guaste o usurate, ma comprende anche un'efficiente organizzazione dell'attività stessa, necessaria per:

- ❖ minimizzare i tempi di diagnosi;
- ❖ ridurre il numero di fermate casuali;
- ❖ accorpare le scadenze degli interventi;
- ❖ assicurare l'efficienza globale per lunghi periodi
- ❖ minimizzare le interruzioni programmate, la cui durata e cadenza risultino già previste e prestabilite.

Effettuare la manutenzione nel modo sopra descritto, rappresenta il valore aggiunto di questa attività, che ne esalta le competenze e la professionalità, fornendo un servizio completo, valido ed efficace.

2.2 Tipi di politiche di manutenzione

Le politiche di manutenzione (dette anche strategie manutentive) sono il tipo di risposta che coinvolge l'azione manutentiva al manifestarsi di un guasto, di una avaria o di una semplice deriva. Il tipo di politica adottata in risposta alla necessità di manutenzione, è di gran lunga il determinante più importante della manutenzione. Dal tipo di risposta manutentiva adottata per affrontare il fabbisogno, dipende in massima parte l'economicità di esercizio manutentivo del sistema interessato da questi fenomeni. L'economicità del sistema in questione è diretta conseguenza dei costi di mancanza dovuti ai fabbisogni di manutenzione, dei costi per la messa in atto degli interventi di manutenzione, e degli strumenti tecnici e culturali, messi a punto per comprendere e governare i fabbisogni di manutenzione e le conseguenti azioni manutentive. Nel corso di questo capitolo analizzeremo le diverse politiche di manutenzione e si stabilirà quando sia conveniente applicarle. Nel corso degli anni il concetto di manutenzione è cambiato fortemente, negli anni '50 si utilizzava solamente manutenzione in seguito ad una rottura, poco più tardi negli anni '60 si è sviluppato il concetto di manutenzione preventiva, riparare o sostituire i componenti prima del guasto. Negli anni '80 è nata l'idea di manutenzione produttiva che unita a quella preventiva permette il miglioramento continuo. Le politiche di manutenzione attualmente più utilizzate, dunque sono:

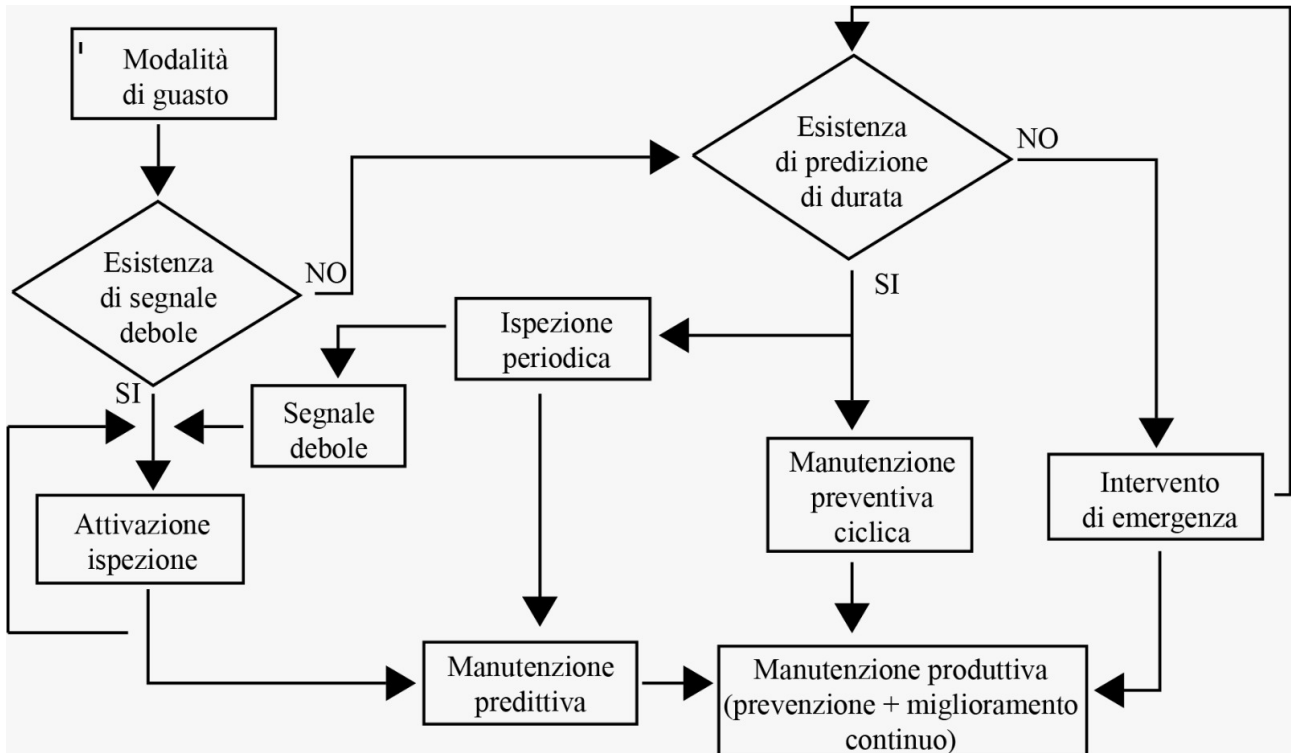
- ❖ ***manutenzione preventiva***: prevede la sostituzione dei componenti prima della rottura;
- ❖ ***manutenzione correttiva***: prevede la sostituzione del pezzo dopo la rottura;
- ❖ ***manutenzione predittiva***: prevede la sostituzione dei componenti a seguito di un sintomo di guasto;
- ❖ ***manutenzione produttiva***: non è altro che la sostituzione preventiva più il miglioramento continuo.

Per scegliere la tipologia da adottare il manutentore deve conoscere la causa della rottura intesa come modalità e frequenza, e il costo globale dell'intervento di

manutenzione, inteso come somma dei costi diretti, indiretti e di inefficienza.

Il manutentore ha sostanzialmente la facoltà di scegliere se intervenire a guasto avvenuto oppure anticiparlo. Deve valutare se sia più conveniente aggiustare quando il guasto ormai è avvenuto oppure sia preferibile organizzarsi per prevenirlo. Non è corretto vedere nella prevenzione la soluzione perfetta, pur essendo ovviamente ed in linea di massima auspicabile: tutte le politiche di manutenzione, sia quella reattiva, a fronte del guasto, sia quella preventiva, magari realizzata attraverso l'impiego di tecniche predittive, hanno la stessa dignità, a patto che siano "scelte", cioè siano il risultato di una progettazione accorta, che sappia trovare il giusto compromesso fra efficacia (eliminazione delle perdite) ed efficienza (contenimento dei costi diretti ed indotti). La progettazione della manutenzione porta anche ad individuare le corrette regole di gestione dei materiali tecnici di ricambio: quali tenere a scorta e quali a fabbisogno. Aspetto strategico soprattutto qualora si adotti una politica di manutenzione correttiva, sia per gli aspetti economici legati all'immobilizzo di capitali (rischio di eccesso di stock), sia per quelli tecnici derivanti dalla loro mancanza, con gravi implicazioni sulla disponibilità dei beni aziendali.

2.3 Logiche per la definizione della politica di manutenzione



Lo schema in figura analizza le diverse tipologie di guasto. Molti sistemi generano segnali (vibrazioni, surriscaldamento...) dai quali l'operatore può immediatamente evincere lo stato in cui i sistemi si trovano. Seguendo lo schema è necessario prima stabilire se il guasto ha come conseguenza un segnale percepibile, se sì, è possibile effettuare un'ispezione periodica, fino a individuare il sintomo che mostra la necessità di effettuare la manutenzione (predittiva). Invece, quando il difetto non emette un segnale percepibile, l'unica situazione in cui si può intervenire è quella di emergenza, o utilizzare metodi matematici che fissano gli istanti per realizzare la manutenzione preventiva. Indipendentemente dal cammino scelto all'interno dello schema, come ultimo passo, si realizza la manutenzione produttiva che, come già detto in precedenza, consiste nella sovrapposizione di una politica di manutenzione

preventiva con il miglioramento continuo. In conclusione lo schema mostra le alternative che si possono presentare e l'azione ottimale da seguire.

Il costo globale della politica di manutenzione si compone di due costi essenziali: il costo preventivo e il costo imprevisto. Il primo è quello che si deve considerare nel momento in cui si realizza una manutenzione preventiva, per questo include il costo dei ricambi, la mano d'opera ecc. Il costo imprevisto è differente in quanto si deve sommare, oltre ai costi dei ricambi e della mano d'opera, il costo di inefficienza, associato ad una fermata imprevista del processo produttivo.

Riassumendo:

$$COSTO DI EMERGENZA = COSTO PREVENTIVO + COSTO DI INEFFICIENZA$$

2.4 Manutenzione preventiva

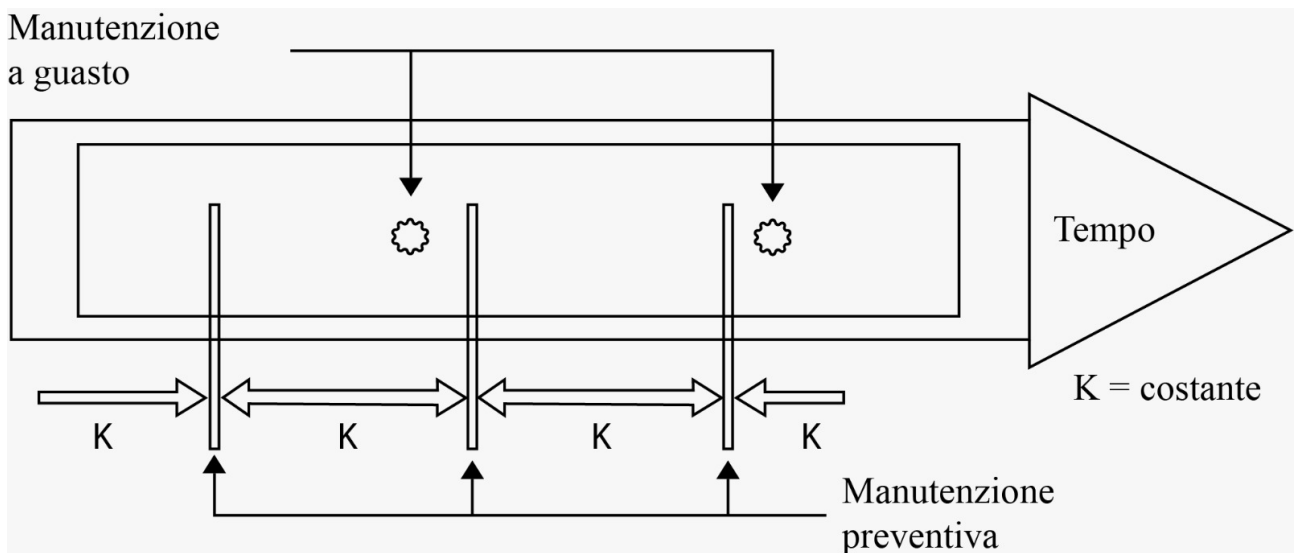
La manutenzione preventiva è una politica di manutenzione che si prefigge l'obiettivo di eseguire un intervento manutentivo di "revisione", "sostituzione" o "riparazione", prima che nel componente si manifesti il guasto. Questa tipologia di manutenzione è nata dall'esigenza di diverse situazioni, ma tutte si basano sui seguenti presupposti:

- ❖ il tasso di guasto dei componenti considerati deve essere crescente;
- ❖ il costo totale dell'intervento di emergenza deve essere superiore al costo totale d'intervento preventivo;
- ❖ esistono solo due stati possibili per i componenti; funzionanti o non funzionanti.

Sono tre i tipi di manutenzione preventiva: a data costante, a periodo costante e su condizione o sintomatica.

2.5 Manutenzione preventiva a data costante

Si ha questo modello nel momento in cui la manutenzione preventiva è definita a intervalli costanti di tempo, e il momento in cui si deve realizzare la sostituzione è indipendente da ciò che accade durante gli intervalli fra gli interventi preventivi.



Questo schema è interessante per la semplicità, bisogna stabilire solo il valore T (intervallo costante di tempo che determina i momenti in cui si effettuano gli interventi di sostituzione preventiva). La funzione di costo per unità di tempo, in questo caso, è data da:

$$C(T) = [C_p + C_e \times H(T)]/T$$

dove:

$H(T)$: numero atteso di guasti che si prevede avvengano entro l'intervallo di manutenzione preventiva;

C_p : costo di intervento preventivo;

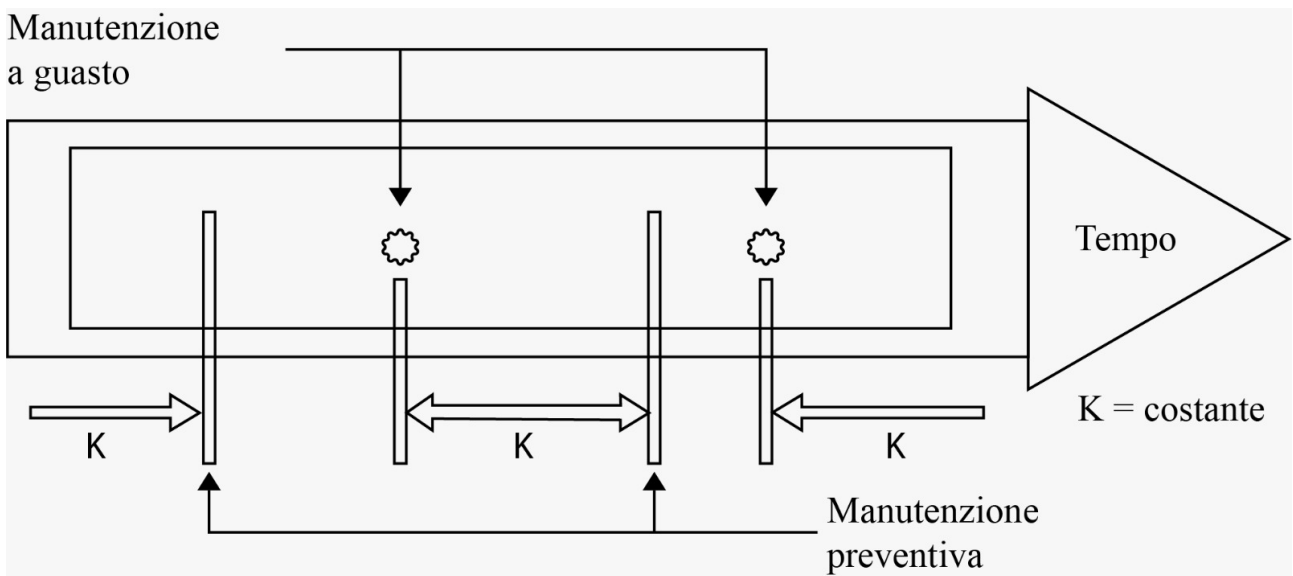
C_e : costo di intervento di emergenza.

Ogni periodo comprende il costo di sostituzione nelle date predeterminate e il costo di tutti gli interventi di emergenza da effettuare entro le date di sostituzione

preventivata. Il Tempo ottimizzato di sostituzione T sarà quello dato dal minimo costo per l'unità di tempo dato dall'equazione precedente.

2.6 Manutenzione preventiva a periodo costante

La sostituzione del componente nel momento in cui raggiunge una certa età o un determinato ore di utilizzo è alla base di questo modello. Il periodo di sostituzione K viene determinato in rapporto con l'ultimo intervento preventivo o correttivo.



L'età media di un componente è data da:

$$MTBF_{tp} = \int_0^{tp} R(t) dt$$

Il costo tra gli interventi sarà composto dal costo della manutenzione preventiva più il costo dell'emergenza, associato alla sua probabilità di accadimento. Quindi la previsione del costo totale per unità di tempo viene data da:

$$C_{TM} = \frac{C_p \times R(t) + C_E \times [1 - R(t)]}{MTBF_{tp}}$$

dove:

C_{TM} = costo totale di manutenzione per unità di tempo;

C_p = costo di intervento preventivato;

C_e = costo d'intervento di emergenza;

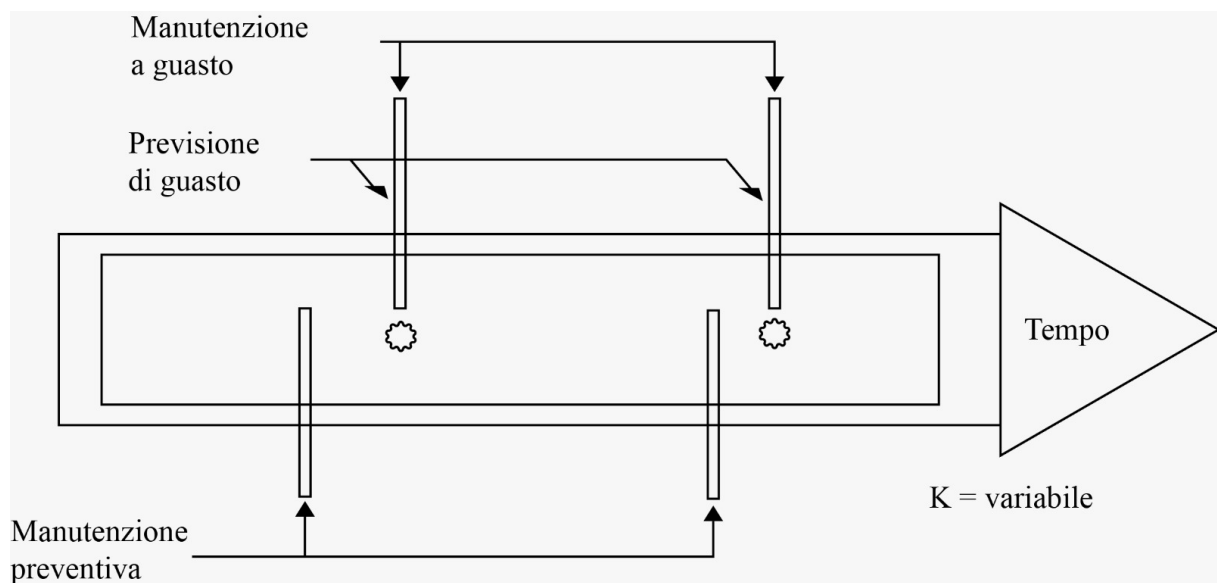
$R(t_p)$ = affidabilità nell'istante t_p ;

$MTBF_{t_p}$ = aspettativa del tempo di vita per un periodo di cambio programmato t_p .

Derivando i costi d'intervento per unità di tempo ed eguagliando a zero la derivata prima, si ottiene il minimo di questa funzione e conseguentemente il tempo t di sostituzione che rende i minimi costi.

2.7 Manutenzione preventiva su condizione o sintomatica

La manutenzione preventiva su condizione o sintomatica consiste nell'intervenire sul componente prima che si guasti, potendo prevedere il comportamento futuro. In altre parole si evita il guasto precedendolo. La previsione si potrà basare su un sintomo premonitore o su una stima statica.



Il modello matematico che è stato elaborato di seguito, utilizza il metodo della manutenzione preventiva ed età costante, ma introducendo una serie di approssimazioni che semplificano la formula e le operazioni.

Abitualmente è difficile trovare il valore del $MTBF_{tp}$, ed è per questo che si realizza una approssimazione, accurata solo per un tempo piccolo, che facilita i calcoli

$$MTBF_{tp} \cong tp$$

Unitamente si elimina il fattore dell'affidabilità che accompagna il costo della manutenzione preventiva, ottenendo la funzione minima semplificata

$$C_{TM} = \frac{C_p + C_e \times [1 - R(tp)]}{tp}$$

Il modello impostato permette di determinare il tp ottimo per realizzare un intervento preventivo. Senza dubbio, esiste la possibilità che la politica di sostituzione ottima sia quella correttiva, è probabile che non esista un tp nel quale si minimizzano i costi e conseguentemente il costo ottimo si ottiene realizzando una manutenzione correttiva.

2.8 Manutenzione correttiva

Si tratta di un tipo di manutenzione basata sulla riparazione dei guasti al loro insorgere. Non necessita di alcuna pianificazione, ma solo di seguire giorno per giorno i guasti che devono essere riparati nel processo di produzione. A tal fine, è quasi sempre necessario paralizzare la produzione, generando perdite dovute al tempo investito e alle spese generate. Per ridurre al minimo il suo impatto sul processo produttivo, è necessario che il reparto di manutenzione sia ben dimensionato con gli operatori di manutenzione necessari per riparare i guasti nel più breve tempo possibile. Inoltre, è anche necessario che l'azienda abbia un elevato inventario di pezzi di ricambio, altrimenti i tempi di fermo macchina si allungano a seconda dei tempi di consegna del nuovo pezzo. Oggi, molte aziende continuano a basare la loro manutenzione su questo metodo, con il rischio che questo comporta il rispetto dei termini di consegna, senza stabilire alcun rapporto di causa o fare alcuna prevenzione di questi guasti. Questa manutenzione è utile per alcune aziende con basso carico di

produzione e dove non ci sono molti guasti dovuti alla natura del lavoro. In questi casi sarebbe più costoso realizzare piani di manutenzione che il beneficio che ne deriverebbe. Anche così, qualsiasi organizzazione che aspira a crescere con stabilità o che ha già un livello di produzione sufficiente deve abbandonare questi sistemi di manutenzione perché non sono adeguati.

2.9 Manutenzione predittiva

Questa politica si basa sull'idea di utilizzare il componente fino alla rilevazione di un sintomo che riveli la prossimità del guasto, utilizzando così il componente per tutta la durata della sua vita evitando le conseguenze degli interventi di emergenza. Per evitare un possibile guasto è richiesta una buona conoscenza delle attrezzature, delle tecniche e degli strumenti che utilizziamo per questo compito ed è di indispensabile importanza saper riconoscere i sintomi che anticipano il guasto. I sintomi possono essere rilevati mediante un intervento d'ispezione pianificato dall'operatore che rileva qualsiasi tipo di anomalie come vibrazioni e surriscaldamento. Questo tipo di programma di manutenzione offre grandi risparmi sui costi perché, oltre a rilevare tempestivamente i guasti, consente anche di pianificare con largo anticipo i tempi di riparazione, le forniture e la manodopera necessaria per l'operazione. Il suo principale inconveniente è la difficoltà di ottenere una risposta chiara e sicura, poiché non esiste un parametro o un insieme di parametri che rivela perfettamente lo stato dell'apparecchiatura. Un modo conveniente di affrontare il problema della manutenzione predittiva è la metodologia dell'individuazione dei componenti critici chiamata "MAGEC".

2.10 MAGEC

Il **MAGEC** è una metodologia utile nel classificare ed analizzare le informazioni sui componenti critici, e pianificare gli interventi.

L'analisi si divide principalmente in quattro fasi:

- ❖ fase 1: selezionare la macchina critica;
- ❖ fase 2: scomporre la macchina critica;
- ❖ fase 3: individuare la modalità di guasto e analizzare le criticità;
- ❖ fase 4: analizzare le cause del guasto e individuare i componenti critici.

Per applicare questa metodologia è molto importante che, la squadra di lavoro che si fa carico di applicarla, sia una squadra multidisciplinare formata da operatori e manutentori supportata da ingegneri di manutenzione. Bisogna necessariamente definire la composizione delle squadre che devono essere composte dai tecnici che maggiormente conoscono la funzionalità dei mezzi di lavoro e la qualità del prodotto o servizio.

La prima fase si realizza considerando i seguenti livelli di scomposizione:

livello I: fa riferimento alla macchina presa in considerazione;

livello II: fase del processo;

livello III: sottosistemi che sviluppano le operazioni elementari relative a ciascuna funzione;

livello IV: componenti critici, dove si genera il guasto che si trasmette ai livelli superiori della macchina.

SOCIETÀ REPARTO ATTREZZATURA OPERAZIONE							
Codice	Livello I	Codice	Livello II	Codice	Livello III	Codice	Livello IV

Per lo sviluppo della seconda fase si utilizza il “modulo di scomposizione di macchina” riportato qui sopra.

Le attività del gruppo nella terza e quarta fase sono supportate dal “modulo MAGEC del mezzo di lavoro” (figg. A-B) che fa riferimento ad un modo operativo per classificare qualitativamente e quantitativamente i componenti critici occorrono, per questa fase, le competenze e la professionalità degli operatori e dei manutentori.

Il modulo MAGEC del mezzo di lavoro è articolato in due parti:

- ❖ individuazione dei modi di guasto, delle criticità e quantificazione degli effetti (fig. A). Di vitale importanza è definire in che modalità è avvenuto il guasto nel sistema: nel modulo sono riassunte le informazioni che permettono di valutare la rilevanza di ciascuna delle modalità di guasto;
- ❖ analisi della causa di guasto e individuazione del componente critico (fig. B). La seconda parte del modulo permette di identificare una relazione fra la causa del guasto e il componente che la origina.

I sintomi che ciascun componente mostra, si stabiliscono nella prima sezione, nella seconda si analizzano determinando la causa. Rilevato un sintomo è necessario conoscere qual è la causa che lo origina, in modo da risolvere il problema alla radice. Successivamente si dovrà riassumere in un modulo la politica di manutenzione per i

componenti critici, predisporre una norma di ispezione, indicando le frequenze di ciascun intervento e la forma in cui si concretizza l'intervento stesso.

Individuazione dei modi di guasto, delle criticità e quantificazione degli effetti							
Codice	Numero di elementi	Tipo di guasto correlato	Frequenza (volte/anno)	Impatto sul prodotto	Riparazione provvisoria	Tempo di fermata (h)	Indisponibilità (h/anno)

Figura A

Analisi della causa di guasto e individuazione del componente critico								
Codice	Criticità del processo	Indice di criticità	Tipo di guasto del componente	Causa del guasto del componente	Parte di ricambio	Codice ricambio	Sintomi osservabili	Sintomi esterni

Figura B

2.11 Manutenzione produttiva (TPM)

La manutenzione produttiva o **TPM** (Total Productive Maintenance) rappresenta l'evoluzione della cosiddetta Manutenzione preventiva, introdotta negli anni '50 dalle aziende eccellenti giapponesi e successivamente occidentali. E' un approccio alla manutenzione che ha come obiettivo quello di ridurre al minimo le fermate degli impianti ed altre problematiche che possono incidere sull'efficienza ed efficacia dei processi di produzione o realizzazione del servizio. Il TPM coinvolge la totalità degli operatori, dei manutentori e dei supervisori, nonché il management stesso.

I **vantaggi** del TPM si possono così riassumere:

- ❖ porta ad un uso più efficiente degli impianti ed attrezzature

- ❖ introduce una metodologia di manutenzione diffusa in tutta l'organizzazione basata sulla manutenzione preventiva
- ❖ è predittiva (manutenzione basata su dati statistici);
- ❖ richiede la partecipazione della progettazione e sviluppo, della produzione e manutenzione;
- ❖ coinvolge il management e gli operatori;
- ❖ promuove e migliora le attività di manutenzione basandosi su team autonomi specifici.

2.12 Sostituzione nel caso n componenti

Molto più complicata è l'analisi da fare nel caso di sostituzione di n componenti rispetto al caso del singolo componente. In questo caso sono due i percorsi principali da seguire al fine di ricercare la politica ottimale di manutenzione:

- ❖ **politica statica:** deriva da una manutenzione preventiva periodica basata sull'età del componente e da una sostituzione fatta nel momento in cui l'impianto è fermo. Si chiama statica perché non ci sono modifiche nell'intervallo di manutenzione dopo una fermata per l'intervento di emergenza;
- ❖ **politica dinamica:** differentemente dalla statica, ogni intervento genera il ricalcolo dell'intervallo di sostituzione preventiva. In questo caso utilizziamo tutte le informazioni necessarie per valutare lo stato effettivo del sistema nel momento di riavviare la produzione: interventi effettuati, componenti sostituiti o revisionati, lo stato dei componenti non sostituiti.

Entrambe le politiche non corrispondono alla soluzione ottimale del problema, ma sono soluzioni per avvicinarci ad essa. Nella pratica è possibile trovarsi di fronte a

eventi imprevedibili e molto complessi, per i quali è quasi impossibile seguire una politica di manutenzione ottima. Questo motivo spinge ad adottare una politica di manutenzione generale detta **opportunistica**, composta da sostituzioni preventive di tipo sequenziale e di interventi dopo i guasti. Si procede preparando un piano di manutenzione nel quale fissare i periodi d'intervento preventivi, potendo ridefinire le date nel caso di guasto tra gli interventi. Ogni volta che si avrà a che fare con un intervento di emergenza, dovrà essere scelto un nuovo periodo dopo il quale convenga fare la successiva fermata e la sostituzione. Il momento più conveniente per la manutenzione sarà quello che permetterà di avere il minor costo globale per unità di tempo, durante la vita utile residua dei componenti, in questo modo otterremo una politica sequenziale opportunistica, poiché si effettueranno:

- ❖ **interventi correttivi:** sostituzione al momento della fermata, del componente che ha provocato il guasto e insieme ad esso tutti i componenti che hanno superato la loro fase di vita utile a quella data;
- ❖ **interventi preventivi:** sostituzione di tutti i componenti che hanno superato l'età critica.

Non è affatto facile trovare il periodo ottimo di manutenzione preventiva per il caso di n componenti in quanto si hanno notevoli complessità, per questo motivo è utile calcolare l'affidabilità del sistema così da calcolare il costo globale minimo associato alla manutenzione per tutto il sistema, trovando il periodo ottimale di tempo per realizzare la manutenzione preventiva. Molto utile è nel caso della sostituzione di n componenti l'utilizzo di programmi computerizzati che simulano il comportamento dei sistemi.

Capitolo 3

3.1 Il sistema dei costi

Il principale obiettivo nelle aziende è quello di dare vita a prodotti di alta qualità a bassi costi. Per ottenere ciò è richiesto lo sforzo coordinato di chi concorre alla produzione e di chi misura e verifica le attività. Lo strumento fondamentale è il sistema di controllo dei costi.

Qualunque tipo di operatore attua questo sistema facendo preventivi di spesa per programmare l'attività e confrontare le spese effettive con quelle programmate per trarre degli elementi di guida dal confronto, per migliorare i risultati. Il mix di assegnazione di risorse, previsioni di spesa e programma di azioni va sotto il nome di **“budget”**. Attraverso quest'ultimo è possibile:

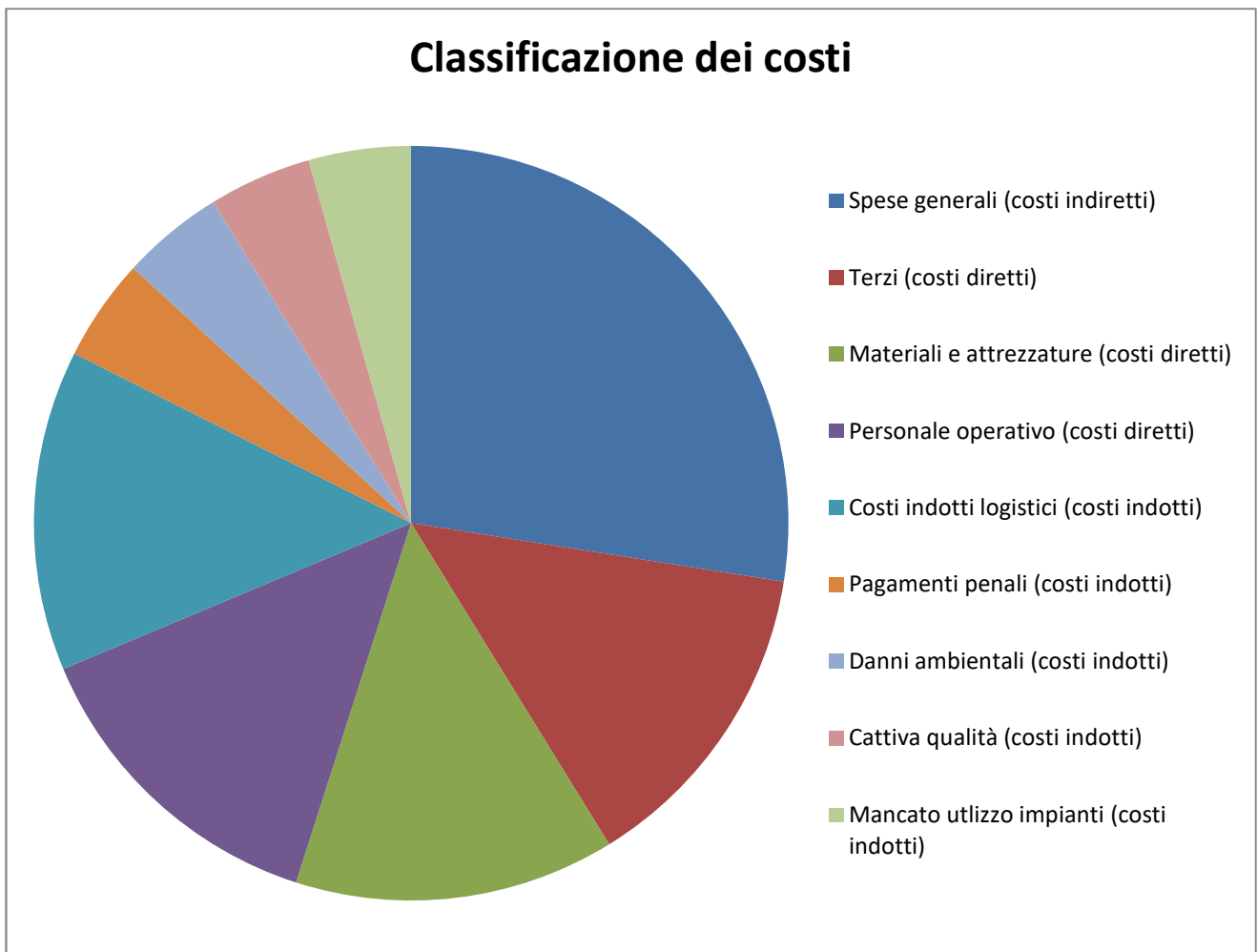
- ❖ misurare la dimensione delle attività;
- ❖ analizzare come viene speso il denaro nelle aree;
- ❖ pianificare le azioni di correzione;
- ❖ controllare l'avanzamento delle azioni di correzione.

L'evoluzione della gestione aziendale fa sì che diventa fondamentale misurare e gestire il fenomeno della manutenzione. Il sistema di controllo dei costi è incentrato sui centri di costo e di responsabilità (c.d.c.), aree ben definite entrambe con una struttura organizzativa definita, dove i costi si formano e possono essere rilevati. Ogni c.d.c è un'entità circoscritta come se il responsabile del c.d.c lavorasse in proprio, confrontando il budget con il consuntivo: se il consuntivo è superiore al budget, il responsabile del c.d.c ha una perdita (variazione negativa); in caso contrario si avrà un profitto (variazione positiva).

I costi d'impianto, ossia quelli relativi a tutte le attività che fanno aumentare il valore patrimoniale dell'azienda, come nuove installazioni, sostituzioni e modifiche, a volte possono essere attribuiti ai costi di manutenzione, in funzione dei piani finanziari e della politica aziendale sugli ammortamenti. Queste attività sono finalizzate a:

- ❖ migliorare la qualità del prodotto;
- ❖ incrementare la produttività;
- ❖ migliorare le condizioni ambientali e della sicurezza;
- ❖ migliorare la macchina a fini manutentivi e a livello di consumo.

3.2 Classificazione dei costi di manutenzione



I costi di manutenzione riportati qui sopra sono divisi in:

- ❖ costi diretti: personale operativo, materiali, terzi;
- ❖ costi indiretti: spese generali, pianificazione di manutenzione, gestione materiali tecnici, ...;
- ❖ costi indotti: mancata utilizzazione impianti per incidenti, guasti, rallentamenti, ritardi.

La somma dei tre tipi di costi dà il costo globale della manutenzione, difficile da calcolare per la componente costi indotti. Il non utilizzo della macchina per fermata di manutenzione accidentale e programmata, molte volte è rappresentato da un mancato ricavo. Difficile è anche l'addebito dei costi indotti per qualità e quelli di tipo logistico che spesso finiscono nei costi generali di funzionamento dell'azienda. La somma dei costi diretti e indiretti è detto costo "proprio" di manutenzione, ed è la valutazione economica globale di tutte le attività specifiche.

Confluiscono nei costi "propri" di manutenzione le prestazioni di:

- ❖ reparti e officine sociali proprie: ore di lavoro erogate dai reparti e dalle officine;
- ❖ terzi interni: corrispettivi riconosciuti alle imprese per attività di manutenzione effettuate all'interno dello stabilimento;
- ❖ terzi specialistici: corrispettivi riconosciuti a tecnici, consulenti o specialisti;
- ❖ terzi esterni: corrispettivi riconosciuti alle imprese per attività di manutenzione effettuate all'esterno dello stabilimento.

Per i costi indiretti il metodo di attribuzione è complesso: alcuni vengono addebitati in maniera statistica, altri in percentuale, altri in funzione dei consumi effettivi.

Il costo **orario** è la somma dei costi diretti e indiretti rapportata alle ore distribuibili.

Le ore distribuibili sono le ore erogabili dal totale degli operatori che forniscono prestazioni, intervenendo su specifici lavori, sottraendo le ore di addestramento, di formazione antinfortunistica, escludendo magazzinieri, fattorini, addetti alle pulizie ecc.

3.3 Valutazione del costo di manutenzione

Il concetto di manutenzione, inteso come singolo intervento su di una macchina o un'attrezzatura, è oggi superato: l'attività di manutenzione negli impianti industriali viene infatti considerata come un "sistema", dal momento che coinvolge tutti i processi lavorativi e organizzativi e si integra con essi per garantire la massima

affidabilità in ogni fase della lavorazione. Il costo di gestione della manutenzione di un impianto industriale ha un peso importante nelle voci di bilancio, soprattutto in realtà complesse e strutturate; per questo motivo gestire con attenzione questo aspetto può portare a un risparmio sensibile. Nell'ottica di ridurre i costi di esercizio si sono recentemente sviluppate discipline dedicate che si occupano dell'analisi e del miglioramento continuo della manutenzione: la scelta delle giuste strategie manutentive segue precise logiche, derivanti dalla conoscenza approfondita degli impianti, dall'analisi dei guasti e da valutazioni di carattere economico sul costo del ciclo di vita dei beni aziendali.

Il sistema dei costi di manutenzione indica quanto dovrebbe costare la manutenzione tenendo conto di:

- ❖ tutte le attività extra manutenzione, come pulizie, modifiche, nuove costruzioni;
- ❖ età degli impianti;
- ❖ qualità della manutenzione orientata anche verso le condizioni ambientali e all'ordine;
- ❖ efficienza del servizio in termini di supervisione , attrezzature moderne.

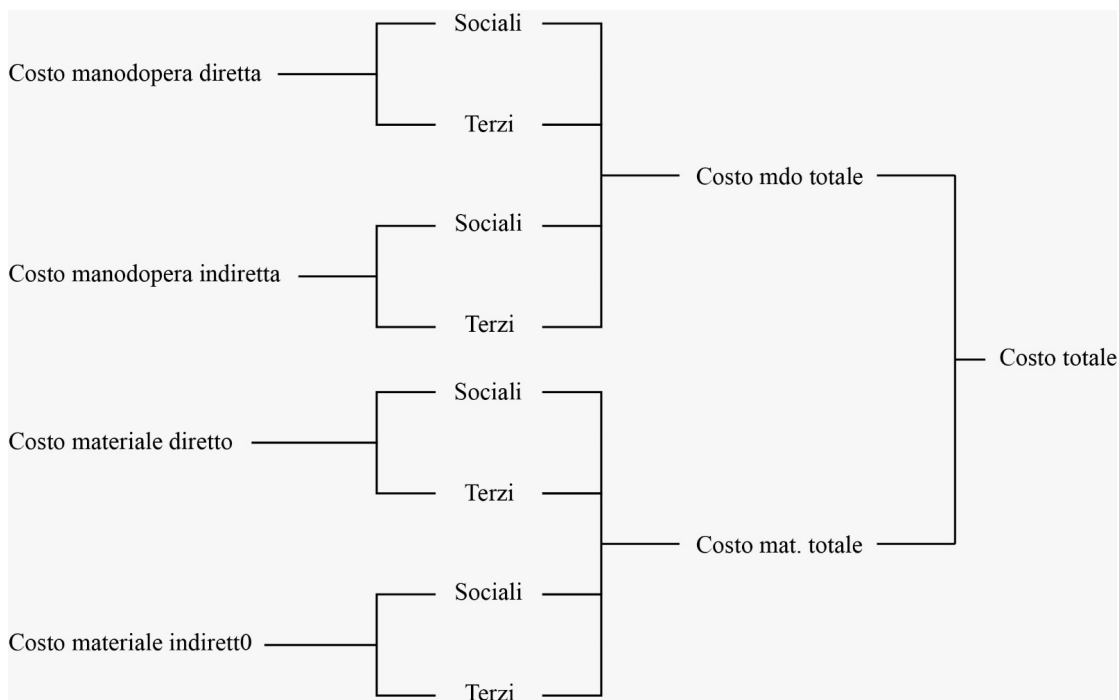
Si potrebbe valutare il “costo della manutenzione “ sviluppando le previsioni di tutti gli standard delle attività manutentive che tengono conto delle condizioni reali però adattate ai particolari impianti. Il livello di manutenzione ottimale può essere deciso costruendo le curve di manutenzione preventiva e a guasto unite al dato sulla produzione non effettuata per cause di manutenzione. La costruzione di queste curve è poco praticabile, per questo si ricorre a metodi più concreti:

- ❖ definendo aree di responsabilità, i c.d.c;
- ❖ stabilendo per ogni c.d.c l'ammontare di servizio in normali condizioni di funzionamento;
- ❖ stabilendo le pratiche operative standard per ottenere quel volume normale;
- ❖ indicando l'assegnazione di risorse per fare un'unità di quel volume.

Il budget assegnato è funzione di questi parametri e dei volumi fissati di produzione, e periodicamente si raccolgono i dati consuntivi da confrontare con esso. Calcolando il costo della manutenzione oltre a controllare i costi stessi, si promuove il miglioramento dei piani di manutenzione. Analizzando le variazioni tra budget e consuntivo è possibile valutare in ogni istante l'andamento delle attività, evitando laboriosi studi e concentrandosi su fasi e persone che richiedono interventi correttivi. Parlare di costi di manutenzione, dunque, corrisponde a parlare di controllo di tutte le attività di manutenzione dal punto di vista tecnico.

Il sistema dei costi permette di “pesare” solamente il ruolo passivo della manutenzione, mentre quella attivo, da non sottovalutare, contribuisce al mantenimento degli standard di qualità richiesti, partecipando alla scelta del bene o del suo rinnovo tecnologico.

3.4 Costi diretti



Il costo diretto di manutenzione è suddiviso in voci di spesa per sociali e per terzi come rappresentato nello schema precedente

L'individuazione del numero di lavoratori è la fase iniziale del calcolo della manodopera e individua il numero di ore distribuibili. In fabbrica la giornata di

lavoro è suddivisa in **turni** di 8 ore ciascuno, e la turnazione è stabilita in funzione del ciclo produttivo: 1 turno al giorno per 5 giorni alla settimana fino a 3 turni al giorno per 7 giorni la settimana. Nel momento in cui si va a calcolare la manodopera si deve tenere conto di due tipi di lavoratori: i *normalisti* che lavorano sempre nelle stesse ore della giornata, e i *turnisti* lavorano in base alla turnazione stabilita per il funzionamento degli impianti senza dover fare obbligatoriamente lo stesso orario come per esempio quello notturno. Ai fini del calcolo la differenza sta nel fatto che i turnisti non godono delle festività infrasettimanali ma godono di maggiorazioni retributive per compensare i disagi della turnazione.

Formula di calcolo della disponibilità (Hu) per i normalisti.

$N. \text{ ope} \cdot N. \text{ sett/anno} \cdot \text{Indice di lavoro}^* - (N. \text{ ope} \cdot \text{Hu/giorno} \cdot N. \text{ giorni festivi})$

L'indice di lavoro* è

$1 - (\text{Hu assenze} + \text{Hu add. nto} + \text{Hu indirette}) / N. \text{ ope} \cdot \text{Hu/anno}$

Le “Hu assenze” sono le ore perse per malattie, infortuni, permessi corrette con un indice di miglioramento definito in base all’analisi del consuntivo e di valutazione del futuro.

Le “Hu add. nto” sono quelle di personale in addestramento.

Le “Hu indirette” sono quelle di personale non direttamente operativo (autisti, magazzinieri, custodi, ecc.).

Formula di calcolo della disponibilità (Hu) per i turnisti.

$N. \text{ ope} \cdot \text{Hu/sett} \cdot N. \text{ sett/anno} \cdot \text{Indice di lavoro}^*$

Il costo dei materiali è in generale variabile : il consumo di alcuni di essi è legato al livello di produzione mentre quello di altri ad un piano di lavoro.

3.5 Budget di manutenzione

Il budget di manutenzione è l'ammontare di denaro destinato alle attività di manutenzione, previsto per l'anno preso in considerazione, ed è lo strumento principale di controllo operativo e gestionale per le spese di manutenzione.

Consiste nell'assegnare a ciascuna area autonoma, i soldi da spendere in manodopera e materiali per la gestione della manutenzione degli impianti.

La formulazione del budget è semplificata dalla suddivisione dei costi in:

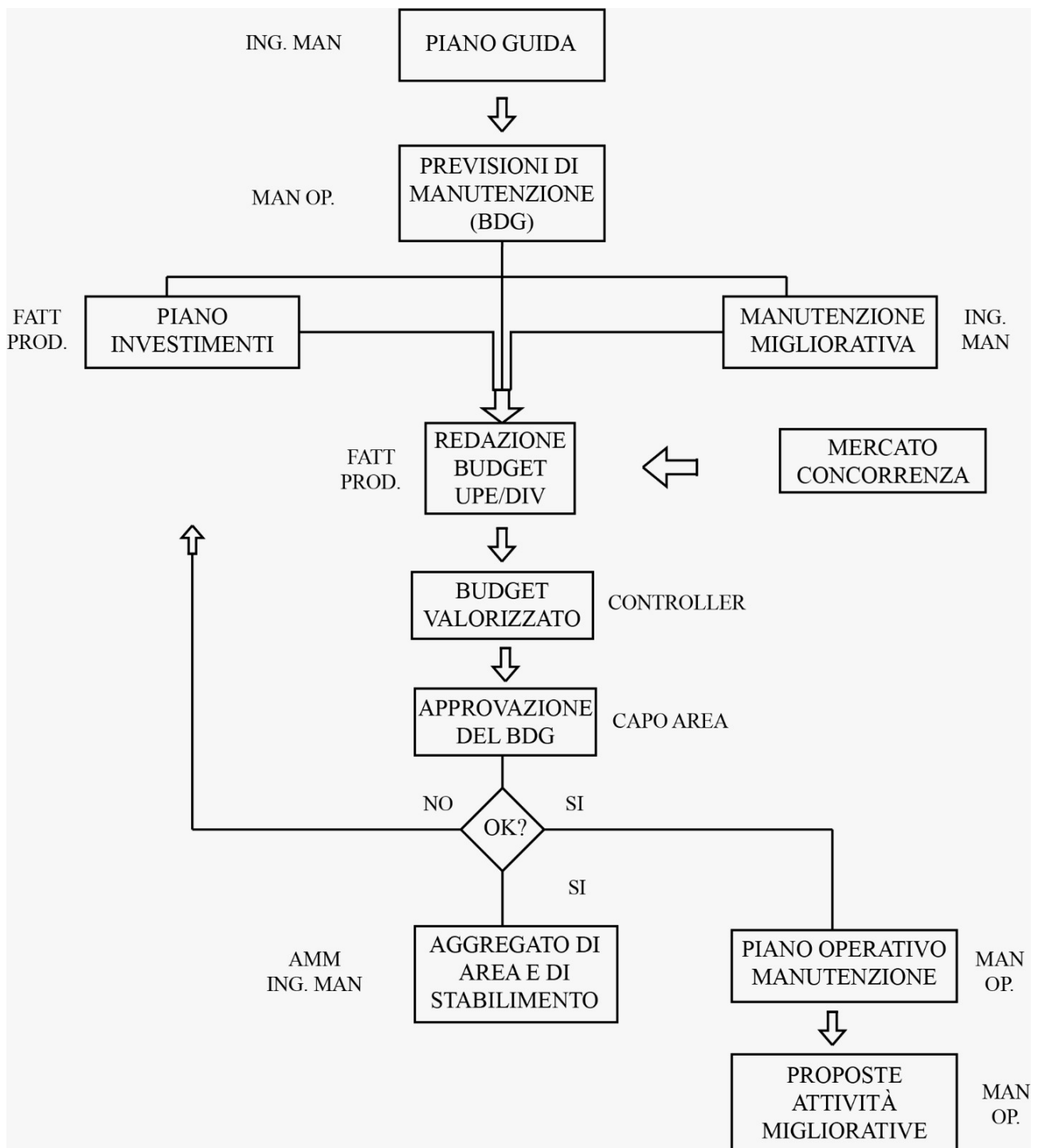
- ❖ **costi fissi:** costi non influenzati né dai livelli produttivi né dai piani di manutenzione;
- ❖ **costi semifissi:** costi influenzati dalle variazioni produttive;
- ❖ **costi variabili:** costi derivanti dai piani di manutenzioni.

Durante la scrittura del budget, per i costi fissi non è necessario fare un'analisi delle singole voci, ma tenere solamente conto dei consuntivi e del programma di produzione, mentre è necessario fare delle approfondite analisi per i costi semifissi e variabili. La metodologia di calcolo per la disponibilità della manodopera è stata precedentemente descritta, il costo della manodopera assegnata stabilmente all'ambiente è da considerare costante anche quando la quantità di lavoro svolta è variabile. Il costo della manodopera delle officine centrali è variabile per la singola area. Si consiglia di avere risorse interne dimensionate in modo da garantire l'occupazione tutto l'anno, coprendo i picchi con imprese esterne. Il costo dei materiali è in genere variabile, con diverso grado di variabilità in funzione alla categoria di appartenenza. Il calcolo di assegnazione di budget dei materiali si ottiene:

$$\text{costo} = \text{consuntivo} \cdot \text{produzione programmata} / \text{produzione consuntiva}$$

Ci sono alcuni materiali il cui consumo non è legato alla produzione e per questi si procede con stime ragionate. Le previsioni di spesa dei materiali vanno comunque definite in accordo con la funzione preposta agli acquisti.

3.6 Formulazione e controllo del budget



Il processo per la formulazione del budget è schematizzato nello schema precedente. I passaggi più significativi della sua elaborazione sono verificati ed approvati in riunioni formali a livello di direzione di stabilimento. Il budget è costituito da impegni quantizzati di risorse, suddiviso per i vari raggruppamenti di esecutori, per le varie voci di spesa, per i vari tipi di lavoro, il tutto suddiviso a livello mensile. Il

budget approvato rimane invariato per l'intero anno di riferimento, ma si possono verificare importanti variazioni di:

- ❖ programma di produzione;
- ❖ interventi manutentivi come contenuti o date;
- ❖ risorse.

Per tenere conto di questa variazioni di deve aggiornare il budget con cadenza trimestrale, cioè aggiornarlo alla luce delle ultime previsioni, così da conoscere in tempo reale:

- ❖ quanto si era previsto di spendere (budget);
- ❖ quanto si prevede ora di spendere (budget attualizzato);
- ❖ quanto si è speso (consuntivo);
- ❖ scostamento tra spese e previsioni;
- ❖ proiezione delle spese di fine anno.

I confronti tra budget e consuntivo di varie annate sono proficui solo se i dati si riferiscono a situazioni omogenee e confrontabili, cioè a parità di situazione impiantistica, impegni produttivi, ecc. Questo confronto può avere tre risultati:

- ❖ uguaglianza;
- ❖ consuntivo inferiore al budget;
- ❖ consuntivo superiore al budget.

In caso di uguaglianza, bisogna individuare i punti su cui contrarre un po' l'azione manutentiva con economia di costo senza compromettere l'efficienza.

In caso di spesa inferiore al previsto, occorre capire se il preventivo era eccessivo oppure se non sono state eseguite attività, con conseguenti pericoli.

In caso di spesa superiore al previsto, occorre capire se era errata la previsione oppure se ci sono state anomalie veramente imprevedibili. In tutti i casi i provvedimenti devono essere oggettivi realistici e migliorativi.

Conclusion

La manutenzione è lontana dall'aver risolto i suoi problemi. Sono impegnate ancora molte risorse nella maggior parte dei settori industriali. Per il miglioramento e la sua riorganizzazione vengono imposte delle scelte in quanto ogni volta ci si appropria in maniera diversa ai problemi relativi alla manutenzione, condizionati dal livello culturale dell'imprenditore e dei lavoratori.

Per non dare vita a clamorosi fallimenti, è utile definire prima con la direzione aziendale la politica di manutenzione, e sapere che nessun orientamento ideologico può sostituire un'analisi approfondita di un tecnico specializzato, che deve verificare in ogni momento, la possibilità di attuare un approccio piuttosto che un altro e non scegliere quello più bello ma quello più efficace.

Per questo un buon sistema di controllo economico e tecnico aiuta l'azienda a :

- ❖ allontanare la mentalità del basta la sola pratica ed esperienza;
- ❖ trasformare un'attività casuale in un'attività programmabile;
- ❖ fare scelte rispetto ad elementi concreti
- ❖ adottare un'impostazione di manutenzione flessibile.

Un buon sistema di controllo è necessario ma non sufficiente, deve essere sempre accompagnato da processi di miglioramento continuo e di sviluppo organizzativo incentrati sull'uomo, **risorsa strategica per eccellenza.**

Bibliografia

1. *Furlanetto L., Manuale di manutenzione degli impianti industriali e servizi, anno 2003*
2. *<https://www.impianto.it/manutenzione-impianti-industriali/>*
3. *<https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/tpm.html>*
4. *<https://leanmanufacturing10.com/it/manutenzione-correttiva-preventiva-e-predittiva-definizioni-e-differenze>*
5. *<http://www.fornasinimauro.it/media/uploads/allegati/2/politiche-di-manutenzione-industriale.pdf>*
6. *<http://acquaservicesrl.com/servizi/tecniche-avanzate-di-manutenzione>*
7. *<http://www.blausius.com/riassunto%20concetti%20sulla%20manutenzion e.pdf>*
8. *<http://www00.unibg.it/dati/corsi/22028/46050-L9%20-%2001%20-%20Affidabilita%20e%20Disponibilita.pdf>*
9. *<https://issuu.com/attiliodomenicocardillo/docs/ami-summary>*