

POLITECNICO DI TORINO



Collegio di Ingegneria Gestionale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

**Progetto di manutenzione preventiva su linea produttiva presso azienda  
farmaceutica: copertura da rischio operativo**

Relatore:

Prof. Franco Varetto

Tutor aziendali:

Luca Ravetti

Giuseppe De Nigris

Candidato:

Emanuele Olmetto

Marzo 2021

“...sei stato bravo a resistere. Fai così. Sbaglia sempre per conto tuo.

È così che fanno i signori?

No, i signori non c’entrano. Fanno così le persone che vogliono essere felici.”

(dal film *Mine Vaganti*, Ferzan Özpetek 2010)

*A mia madre,  
per i sacrifici e per avermi sempre permesso di sbagliare per conto mio*

# Sommario

Prefazione .....	1
Introduzione .....	2
1 Manutenzione negli impianti industriali .....	3
1.1 Attività di manutenzione .....	4
1.1.1 Attività in ambito esecutivo .....	4
1.1.2 Attività in ambito tecnico .....	4
1.1.3 Attività in ambito organizzativo e gestionale .....	5
1.1.4 Attività in ambito consultivo .....	5
1.2 Concetti teorici sulla manutenzione .....	6
1.2.1 Teoria dell’Affidabilità .....	6
1.2.2 Le fasi di vita della macchina .....	8
1.2.3 Manutenibilità e KPIs .....	10
1.2.4 Costo del ciclo di vita .....	10
2 Politiche manutentive .....	12
2.1 La manutenzione correttiva .....	12
2.2 La manutenzione preventiva .....	13
2.2.1 Pianificazione della manutenzione preventiva .....	15
2.3 La manutenzione su condizione .....	17
2.4 La manutenzione predittiva .....	19
2.4.1 Tecniche di manutenzione predittiva .....	20
2.5 La manutenzione produttiva (TPM) .....	22
2.6 Criteri di progetto della manutenzione .....	24
3 Il ruolo dell’Ingegneria di Manutenzione .....	26
3.1 Sistemi informativi di manutenzione .....	27
3.2 Gestione dei materiali .....	28
3.3 Gestione delle risorse umane .....	29
3.4 Gestione dei terzi .....	31
4 Il rischio operativo .....	33
5 L’azienda Farmaceutici PROCEMSA .....	37
5.1 I prodotti .....	37
5.1.1 Integratori alimentari .....	37
5.1.2 Probiotici .....	38
5.1.3 Dispositivi medici .....	38
5.1.4 Cosmetici .....	39

5.1.5 Alimenti a fini medici speciali.....	39
5.2 Magazzini e produzione.....	40
5.3 Organizzazione del flusso produttivo .....	41
5.4 Codifica dei macchinari.....	44
6 Stato dell'arte ed esame della linea di interesse .....	46
6.1 Il software Prometeo Manutenzione .....	47
6.1.1 Catalogazione delle macchine e Ordini di Manutenzione.....	47
6.1.2 Catalogazione dei ricambi e Magazzino .....	49
6.2 Applicazione operativa .....	51
6.3 Linea Flaconi Pluridose di via Vernea .....	53
6.3.1 Condizioni attuali e dati riferiti all'anno 2020.....	55
6.3.2 Obiettivi e valutazione d'investimento.....	56
6.3.3 Stima dei costi per materiali e risorse .....	58
6.3.4 Scenari di investimento .....	59
7 Conclusioni e possibili sviluppi futuri .....	67
Appendice .....	69
Bibliografia.....	73
Ringraziamenti.....	75

## Indice delle figure e delle tabelle

Figura 1 - Probabilità di guasto .....	7
Figura 2 - Andamento tipico del tasso di guasto di una popolazione .....	9
Figura 3 – Costo durante il Ciclo di Vita .....	11
Figura 4 - Costo totale di manutenzione in funzione del Livello di Manutenzione .....	19
Figura 5 - Schema riassuntivo delle politiche manutentive .....	24
Figura 6 - Ruolo dell'Ingegneria di Manutenzione .....	26
Figura 7 - Piramide del personale di manutenzione .....	30
Figura 8 - Nuovo modello di calcolo del requisito patrimoniale .....	35
Figura 9 - Coefficienti marginali per Gruppo di importo .....	35
Figura 10 - Dati su Farmaceutici Procemsa .....	37
Figura 11 - Tunnel di collegamento al nuovo Centro Logistico di via Vernea .....	40
Figura 12 - Formati di confezionamento .....	41
Figura 13 - Produzione delle Capsule .....	42
Figura 14 - Imbustinatrice Linea Stick .....	43
Figura 15 - Astucciatrice nel Confezionamento Secondario .....	44
Figura 16 - Targhetta identificativa con Codice macchinario .....	45
Figura 17 - Schermata esempio di una Scheda macchina .....	47
Figura 18 - Organizzazione dell'Albero macchine .....	48
Figura 19 - Schermata esempio di una Scheda Ricambio .....	50
Figura 20 - Esempio di una stampa personalizzabile del Fabbisogno Ricambi .....	51
Figura 21 - Astucciatrice della linea Pluridose .....	54
Tabella 1 - Dati consuntivi dell'anno 2020 .....	55
Tabella 2 - Uscite di cassa annue per acquisto materiale ricambio .....	59
Tabella 3 - Dati scenario 1 su revamping .....	60
Tabella 4 - Dati scenario 1 su macchina nuova .....	60
Tabella 5 - Dati scenario 2 su revamping .....	61
Tabella 6 – Dati scenario 2 su macchina nuova .....	62
Tabella 7 - Dati scenario 3 su revamping .....	62
Tabella 8 - Dati scenario 3 su macchina nuova .....	63

Tabella 9 - Dati scenario 4 su revamping.....	63
Tabella 10 - Dati scenario 4 su macchina nuova .....	64
Tabella 11 - Dati scenario 5 su revamping.....	64
Tabella 12 - Dati scenario 5 su macchina nuova .....	65
Tabella 13 - Dati scenario 6 su revamping.....	65
Tabella 14 - Dati scenario 6 su macchina nuova .....	66

## Prefazione

Il ruolo ricoperto dalla manutenzione è di fondamentale importanza all'interno delle moderne realtà produttive. Essa è concepita come una serie di azioni atte a creare continuità nelle funzioni richieste, garantendo l'efficienza di impianti e macchinari e assicurando standard qualitativi elevati, senza compromettere le esigenze di efficienza energetica e di sicurezza.

Il presente progetto di tesi è stato condotto nell'ambito del progetto formativo svolto in Farmaceutici Procemsa, azienda nella quale il principio del miglioramento continuo è perseguito in ogni ambito e funzione aziendali.

L'oggetto della tesi è l'analisi dello stato dell'arte della gestione della manutenzione in azienda, unitamente a differenti realtà riscontrabili in letteratura e implementate da differenti industrie. Allo scopo di ottimizzare la produzione, in riferimento ad una linea produttiva considerata critica, si proporrà un modello di investimento nell'ottica dell'implementazione di una nuova politica manutentiva. Questo potrà essere utilizzato al fine di migliorare la gestione della manutenzione su altre linee presenti nei siti di produzione, stimando un guadagno in termini di efficienza di produzione in linea di una percentuale variabile fra il 205% e l'83% annui in base allo scenario, e un ritorno sull'investimento, anch'esso variabile, fra il 328% e il -47%.

## Introduzione

Il concetto di manutenzione nel tempo si è evoluto radicalmente. In passato infatti esso ricopriva un ruolo marginale, riducendosi alla mera risoluzione del guasto nel momento in cui questo si presentava. Al giorno d'oggi, in qualsiasi ambito, l'esigenza principale è quella di massimizzare efficienza e produttività, per questo la manutenzione viene riconosciuta come un vero e proprio fattore strategico e di successo aziendale. Lo scopo è quello di raggiungere i massimi livelli di fruibilità e disponibilità degli impianti, economizzando sempre in termini di tempo, risorse e capitale.

Per concetto di manutenzione "S'intende 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." [1]

Il progetto di Tesi si articolerà presentando dapprima la descrizione delle principali tipologie di manutenzione presenti attualmente nel panorama dei sistemi produttivi. Verranno illustrate le caratteristiche e i relativi ambiti che meglio si adattano a ciascuna tipologia.

In seguito, in riferimento all'azienda Farmaceutici Procemsa, l'attenzione si sposterà verso lo stato dell'arte all'interno degli stabilimenti produttivi e in particolare su quale sarà il focus del lavoro, relativamente alle esigenze aziendali.

Si analizzerà quindi ciò che concerne una specifica linea produttiva, definita critica e con maggiori probabilità di guasto. In base ai dati storici dell'ultimo anno di attività si proporranno dei target che possano permettere di aumentare la capacità della linea, necessaria a garantire la massima efficienza e una disponibilità immediata dei pezzi necessari in caso di guasto, per raggiungere l'obiettivo desiderato dall'ufficio tecnico.

Infine, si esaminerà più nel dettaglio l'investimento dal punto di vista economico, si proporranno diversi scenari con vari risultati attesi in termini di ritorno sul capitale investito e si considererà l'investimento sul magazzino ricambi per coprirsi dal rischio operativo.



# 1 Manutenzione negli impianti industriali

L'attività manutentiva è antica, è sorta insieme all'attività produttiva quando l'uomo ha iniziato a costruire e utilizzare strumenti di lavoro e mezzi di produzione.

Nel corso della loro vita i macchinari, così come le attrezzature e le strutture, sono inevitabilmente soggetti al deterioramento generato dal loro utilizzo e di conseguenza si osserva una decrescita dei livelli di efficienza, delle prestazioni e della sicurezza. Si vuole sottolineare il concetto di sicurezza, spesso trascurato anche negli ultimi tempi, in quanto il venir meno della sicurezza per carenza di manutenzione può portare ad effetti relativamente lievi o ad effetti catastrofici, come il tragico rogo allo stabilimento ThyssenKrupp di Torino nel 2007, che causò la morte di sette dipendenti. [2]

Alla luce di questo concetto fondamentale, la manutenzione è l'insieme delle attività che contrastano il deterioramento dei beni, ripristinando le condizioni iniziali e consentendone l'ulteriore utilizzazione.

Finché si utilizzano beni con una struttura semplice è lo stesso operatore che provvede alla riparazione e alla manutenzione. Nell'era industriale il livello di complessità strutturale dei beni si accresce notevolmente, per l'insieme dei componenti e per lo sviluppo della tecnologia, per l'elevata quantità e qualità richiesta in fase di produzione. Diventa per questo indispensabile una figura competente, qualificata, che disponga di metodi e compiti specifici; la manutenzione assume un ruolo di spessore e si sviluppa come funzione autonoma.

La normativa italiana definisce la manutenzione come *“la combinazione di tutte le azioni tecniche ed amministrative, incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o a riportare un'entità in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta”*. [3]

La missione di ogni azienda mediante la manutenzione è assicurare la disponibilità degli impianti al minimo costo, infatti mediante le attività manutentive si hanno effetti su tempi di lavorazione, volumi di produzione, qualità del prodotto, costi di trasformazione e consumi di materie prime. Si possono riassumere i principali obiettivi nel seguente elenco:

- Minimizzare le fermate per guasti assicurando la stabilità di marcia degli impianti;
- Mantenere strutture e macchine in grado di funzionare nelle condizioni stabilite;
- Contribuire ad aumentare l'efficienza del sistema produttivo;
- Effettuare le attività con la massima economicità;

- Contribuire a garantire la sicurezza del personale e la tutela ambientale.

## 1.1 Attività di manutenzione

Per raggiungere gli obiettivi sopra elencati ci si avvale di attività di varia natura, che verranno rapidamente descritti nei prossimi paragrafi. Sebbene la descrizione sia di carattere generale è bene specificare che l'insieme coordinato di azioni che coinvolgono mezzi e risorse necessari per perseguire i suddetti obiettivi, è definito tenendo conto del tipo di produzione, del territorio in cui si trova l'azienda, della cultura locale e del livello del personale. Un territorio ad alto sviluppo industriale sarà infatti dotato di servizi, assistenza e mercato, elementi che potrebbero scarseggiare in un territorio poco sviluppato. Tutto ciò influenza la gerarchia delle attività e la politica di materiali, livello di scorte e quantità di risorse interne per la manutenzione degli impianti.

### 1.1.1 Attività in ambito esecutivo

Fanno parte di queste attività tutte le operazioni da eseguire in loco su impianti e macchinari, come ad esempio lubrificazione, pulizia, ispezioni e controlli, riparazioni, sostituzioni e revisioni. Fra queste vi sono anche le operazioni esecutive indirette, come la conduzione di impianti ausiliari e l'assistenza a terzi.

### 1.1.2 Attività in ambito tecnico

Le attività in questo ambito concernono la pianificazione, la gestione dei dati e la formazione del personale tecnico. Quindi sono incluse le attività di preparazione dei piani di manutenzione preventiva e delle ispezioni, preparazione dei lavori e analisi dei guasti pregressi. Vanno incluse tutte le operazioni di raccolta dei dati, compresa la loro analisi e diffusione, l'elaborazione e l'aggiornamento della documentazione tecnica e normativa. Sono di fondamentale importanza i diversi indici che riportano sinteticamente l'andamento di produzione ed efficienza, i KPI (*Key Performace Index*), fornendo un'istantanea degli impianti. La tecnologia coadiuva notevolmente la trasmissione di dati ed indici, diminuendo di gran lunga i tempi di trasmissione ed elaborazione. Infine, si annoverano nelle attività in ambito tecnico la ricerca di nuovi metodi, tecniche, mezzi e attrezzature, la formazione e l'addestramento per operai e tecnici, la proposta di migliorie e modifiche al fine di adeguare gli impianti alle norme di sicurezza.

### 1.1.3 Attività in ambito organizzativo e gestionale

In questa categoria rientrano le attività di stesure di rapporti periodici su andamenti e consumi energetici, l'individuazione di ricambi e materiali, quantità presenti a magazzino e riordino dei pezzi mancanti. Inoltre, assumono importanza l'elaborazione dei piani tecnico-economici e la programmazione dei lavori, compreso il reperimento delle risorse necessarie per eseguire i lavori.

A riguardo di tali attività bisogna specificare un dettaglio rilevante. Indipendentemente dalla politica manutentiva che l'azienda intende perseguire (si affronterà l'argomento in maniera più dettagliata nei capitoli successivi), disporre dei ricambi è condizione necessaria per poter portare a termine gli interventi, la mancata reperibilità di questi ultimi è all'origine di blocchi o riduzioni di produzione indesiderati. L'azienda può scegliere due tipi di gestione delle scorte ricambi: **gestione a fabbisogno** e **gestione a ripristino**:

- Nella **gestione a fabbisogno** (chiamata anche logica *pull*) l'ordine dei ricambi avviene nel momento in cui vi è la necessità.
- Nella **gestione a ripristino** (chiamata anche logica *push*) i ricambi vengono tenuti a disposizione attraverso un magazzino dedicato. La gestione del magazzino comporta inevitabilmente un costo, per questo tale logica deve essere adottata nel momento in cui essa si rivela necessaria, ovvero quando il costo del magazzino è inferiore alla perdita per la mancata produzione in caso di irreperibilità istantanea del ricambio in caso di guasto. [4]

### 1.1.4 Attività in ambito consultivo

Fra queste attività si annoverano indicazioni e raccomandazioni che generano un contributo durante le fasi di installazione ed avviamento di nuovi impianti, comprese le eventuali riprogettazioni e rifacimenti che possono essere necessari durante il corso dei lavori.

## 1.2 Concetti teorici sulla manutenzione

L'attenzione rivolta alla manutenzione ha portato nel tempo ad uno studio sempre più approfondito di questo settore, da cui sono scaturiti importanti concetti teorici. La complessità dei sistemi moderni comporta delle analisi precise della realtà in cui si opera, non si può quindi scindere la teoria dalla pratica, specie nel momento in cui l'azienda deve inquadrare le azioni da intraprendere e la modalità con cui verranno messe in atto. [5]

### 1.2.1 Teoria dell'Affidabilità

I guasti su una macchina in un'installazione industriale non si presentano necessariamente per cause chiare e prestabilite, ma possono avere un comportamento aleatorio con caratteristiche proprie per ciascun componente. Gli impianti in generale sono quindi soggetti a guasti imprevedibili o prevedibili.

I guasti prodotti da cause **prevedibili** possono essere studiati e risolti controllando la causa che li ha generati, al contrario i guasti **aleatori** sono propri del componente o della macchina e richiedono un'analisi più complessa.

Potendo essere i guasti anche di natura aleatoria si può definire come **affidabilità** il seguente concetto: *l'affidabilità si definisce come la probabilità che un elemento funzioni senza guastarsi per un periodo di tempo determinato a condizioni al contorno prestabilite.* [6]

Traducendo la definizione in formule, si consideri come variabile casuale il "tempo di guasto di un elemento", ossia il tempo che intercorre fra l'istante iniziale del periodo al quale si riferisce la valutazione dell'affidabilità e l'istante in cui l'elemento diventa non funzionante. Si definisce densità di probabilità di guasto quella funzione  $f(t)$  tale che la probabilità infinitesima che l'elemento si guasti nell'intervallo infinitesimo  $dt$  sia proprio  $f(t)dt$ .

Questa probabilità è rappresentata nella Figura 1, dall'area sottesa alla curva  $f(t)$  nell'intorno infinitesimo  $(t, t + dt)$ .

Dato che un elemento finisce inevitabilmente per guastarsi nel tempo, l'area sottesa alla funzione  $f(t)$  sarà pari a 1, se il limite temporale superiore è posto all'infinito:

$$\int_0^{\infty} f(t)dt = 1 \quad (1)$$

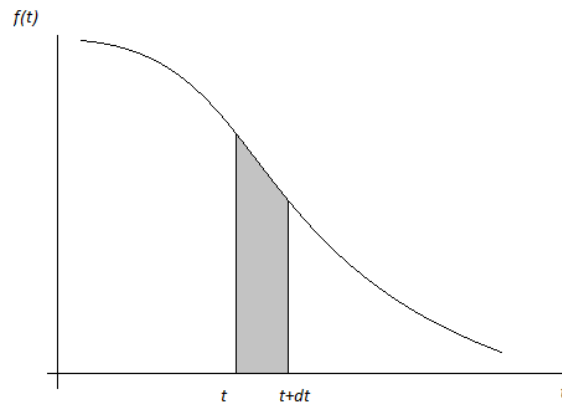


Figura 1 - Probabilità di guasto

La probabilità che l'elemento (funzionante in  $t=0$ ) si guasti in  $t$  è data da:

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt \quad (2)$$

A questo punto possiamo definire l'affidabilità come il complemento a 1 della (2), ovvero come sopravvivenza al tempo  $t$  dell'elemento in esame:

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt = 1 - F(t) \quad (3)$$

Il *tasso di guasto* è definito come la funzione  $\lambda(t)$  tale che la probabilità infinitesima che il componente si rompa al tempo  $t$  o in un suo intorno infinitesimo  $dt$  sia pari a  $\lambda(t)dt$ , nell'ipotesi che in  $t$  sia ancora funzionante. Il tasso di guasto ha le dimensioni dell'inverso di un tempo e può essere interpretato come "numero di guasti nell'unità di tempo", ossia come una misura della *velocità del verificarsi di un guasto*. [5]

La differenza tra le funzioni  $f(t)$  e  $\lambda(t)$  sta nel fatto che mentre  $f(t)dt$  rappresenta la frazione di una popolazione che si rompe in un intervallo infinitesimo  $dt$  riferendosi ad una popolazione sana in  $t = 0$ ,  $\lambda(t)dt$  rappresenta la frazione di una popolazione che si guasta nel medesimo intervallo infinitesimale  $dt$  ma con riferimento ad una popolazione sana al tempo  $t$ , che sarà meno numerosa o al massimo uguale alla popolazione originaria al tempo  $t = 0$ . Se si indica con  $NC(0)$  il numero iniziale di componenti tutti funzionanti, dopo un periodo  $t$  di funzionamento il numero di componenti  $NC(t)$  ancora funzionanti risulterà tanto minore quanto minore era la loro affidabilità  $R(t)$ , coerentemente con l'espressione:

$$NC(t) = NC(0) * R(t) = NC(0) - NC(0) * F(T) \quad (4)$$

Si può dimostrare che con le dovute sostituzioni si arriva alla seguente relazione:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (5)$$

L'espressione mostrata nella (5) fornisce un legame tra tasso di guasto, probabilità di guasto e affidabilità. La funzione  $\lambda(t)$  rappresenta pertanto la funzione densità di probabilità che una macchina, sopravvissuta al tempo  $t$  si guasti nel successivo intervallo  $dt$ .

Alla luce di quanto esposto scaturisce una prima indicazione importante, ovvero che l'obiettivo di chi opera in fase di progettazione e manutenzione deve essere l'aumento dell'affidabilità. Una delle forme di aumento dell'affidabilità consiste nel sostenere programmi di investimento, siano essi atti a migliorare le caratteristiche della linea di produzione o ad una progettazione che migliori l'operatività dell'impianto. Ciò comporta inevitabilmente dei costi, ma l'aumento dell'affidabilità diminuisce i costi relativi ai guasti, alla manutenzione e al blocco in caso di guasto.

### 1.2.2 Le fasi di vita della macchina

Numerose classi di componenti manifestano un andamento nel tempo del tasso di guasto simile a quello rappresentato in figura 2 alla pagina seguente. Al tempo  $t=0$  vengono azionati per la prima volta numerosi elementi di un certo tipo, tutti funzionanti. Nella popolazione possono essere presenti degli elementi più deboli del normale, quindi la curva presenterà un alto tasso di guasto iniziale. Il periodo iniziale, nel quale gli elementi più deboli vengono individuati e sostituiti, prende il nome di **periodo di rodaggio** o dei **guasti infantili**. I guasti in questa fase possono essere dovuti ad errori di progettazione e di fabbricazione, di montaggio o dovuti a scelte errate dei materiali impiegati. [7]

Dopo il rodaggio il tasso di guasto raggiunge il suo valore più basso e rimane approssimativamente costante per un certo periodo di tempo, che prende il nome di **periodo di vita utile**, o dei **guasti casuali**. In questa fase, infatti, emergono nel sistema guasti di natura casuale che hanno una probabilità di manifestarsi indipendente dal periodo di esercizio accumulato. Per tutta la durata della vita utile i guasti avvengono nella stessa quantità per ogni intervallo temporale significativo e corrispondono a imperfezioni del processo produttivo (il progetto potrebbe non essere stato seguito fedelmente) oppure a condizioni di lavoro accidentalmente più pesanti, come ad esempio delle sovraccarichi. [7]

Esaurita la vita utile di progetto, iniziano a manifestarsi le rotture per fatica e usura, il numero dei guasti aumenta progressivamente nel tempo e di conseguenza il tasso di guasto si incrementa rapidamente. Per questo motivo il periodo finale viene definito **periodo di usura**, o dei **guasti da usura**. Questa ultima fase a tasso di guasto crescente corrisponde ad una degradazione irreversibile delle caratteristiche degli elementi, progettati *a termine*, per una certa durata. Se tale periodo si manifesta prima di quanto stabilito in progettazione, significa che un certo numero di componenti è stato sottodimensionato o che le condizioni di carico effettive sono state più gravose di quelle assunte come riferimento in fase di progettazione. [7]

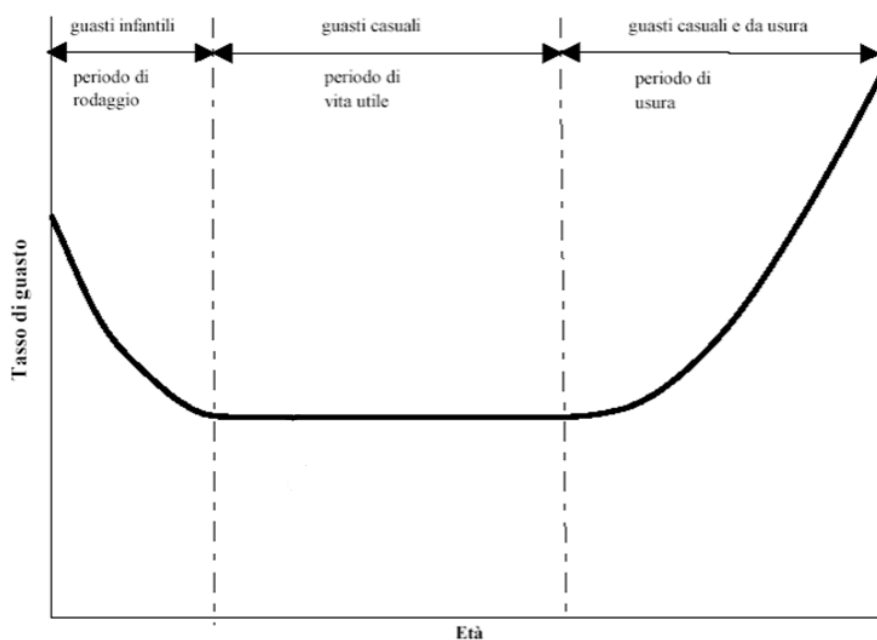


Figura 2 - Andamento tipico del tasso di guasto di una popolazione

La legge di affidabilità tipicamente utilizzata per descrivere il comportamento esplicito sopra è la

**Legge di Weibull:**

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^\beta} \quad (6)$$

Dove:

$t$  è il tempo di utilizzazione

$\alpha$  è un coefficiente che prende il nome di "coefficiente di scala"

$\beta$  è un coefficiente che prende il nome di "coefficiente di forma"

$\gamma$  è il parametro di posizione, spesso posto pari a 0

### 1.2.3 Manutenibilità e KPIs

Il concetto di *manutenibilità* riguarda “ciò che caratterizza la facilità di fare manutenzione o di procedere alla manutenzione” [5]. La manutenibilità di una macchina o di un impianto può variare in base a diversi fattori, alcuni dei quali di seguito elencati:

- Tempo di preparazione;
- Tempo di smontaggio e localizzazione del guasto;
- Tempo di ottenimento dei ricambi e dei materiali necessari;
- Tempo di esecuzione dell'intervento manutentivo;
- Tempo di regolazione e ricalibrazione;
- Tempo di montaggio;
- Tempo di verifica del buon funzionamento e pulizia.

Spesso viene erroneamente confuso il concetto di manutenibilità con il concetto di *Mean Time to Repair (MTTR)*. L'MTTR è un importante KPI associato alla manutenibilità e definisce il tempo medio necessario a ripristinare il corretto funzionamento del sistema in analisi, a partire dal momento del guasto [5]. Dalle definizioni enunciate scaturisce come il KPI sia una diretta conseguenza della manutenibilità, ma che concettualmente non siano la stessa cosa. Ogni azione di miglioramento della manutenibilità deve mirare alla minimizzazione del tempo medio di riparazione, mediante azioni sui parametri sopra menzionati.

Un secondo KPI fondamentale è il cosiddetto *Mean Time Between Failure (MTBF)*, definito come tempo operativo medio tra i guasti, ovvero il valore atteso fra i guasti [5]. L'importanza del MTBF scaturisce dalla capacità di prevedere il prossimo guasto con un dato intervallo di confidenza, e da qui la possibilità di implementare politiche manutentive preventive e predittive. Nel caso in cui si disponga di un magazzino ricambi, o lo si voglia allestire, questo KPI può aggiungere informazioni importanti allo scopo di dimensionare correttamente la quantità di ricambi da tenere in scorta.

### 1.2.4 Costo del ciclo di vita

Al fine di prendere decisioni relative all'acquisto, rinnovo o miglioramento di un macchinario (o sistema) è necessario analizzare l'effetto economico di queste decisioni durante tutto l'orizzonte di vita del progetto, in modo da ottimizzare le risorse. Di sovente vengono fatte valutazioni che considerano solo l'investimento ed i costi, ma ciò non tiene in conto gli eventuali costi legati alle probabili fermate non programmate dei beni.



Talvolta si valutano i costi di manutenzione come una frazione dell'investimento, sfavorendo investimenti maggiori che permettono la riduzione dei costi operativi mediante una maggiore sicurezza di funzionamento.

Per affrontare questo problema con una visione globale ci si può avvalere delle logiche del *Life Cycle Cost* (LCC o Analisi del Ciclo di Vita). Esso tende a riconoscere e identificare i costi globali del bene per l'intero ciclo di vita, cioè dalla sua concezione alla sua dismissione.

Nella fig. 3 è illustrato il modo nel quale una soluzione orientata fortemente ad una riduzione dei costi associati allo sviluppo e all'implementazione non rappresenta necessariamente la soluzione economica migliore durante tutto il ciclo di vita del bene. Di conseguenza è necessario non solo considerare i costi tradizionali e visibili, ma anche quelli occulti, come ad esempio le perdite per la mancanza di produzione dovuta a guasti o prodotti difettosi.

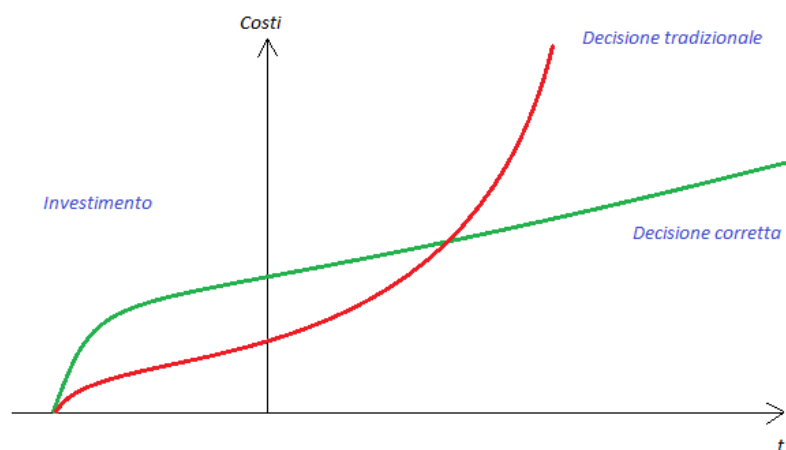


Figura 3 – Costo durante il Ciclo di Vita

L'obiettivo finale, in definitiva, è minimizzare il costo globale operativo industriale durante tutto il ciclo di vita, ponendo attenzione durante il corso dell'analisi anche al *costo di inefficienza*, ovvero ad incremento di costi dovuti a lavori straordinari, a fermi imprevisti e produzione di pezzi difettosi.

## 2 Politiche manutentive

Una politica manutentiva nasce dalla realizzazione pratica di un'idea, o meglio di una filosofia, interpretabile come un'organizzazione mirata. La manutenzione nasce agli albori dall'esigenza di riparare le macchine guaste per allungare la loro vita utile produttiva, questa semplice politica manutentiva è definita *correttiva*, e si basa sull'attesa che compaia un guasto per richiedere l'intervento dei tecnici per la riparazione e il ripristino della funzionalità originale.

Recentemente sono nate altre filosofie, che hanno favorito lo sviluppo di nuove politiche manutentive. La manutenzione è divenuta a tutti gli effetti una funzione aziendale, per questo motivo è sorta l'esigenza di implementare una politica di prevenzione del guasto, insieme alle tecniche particolari che ne fanno capo.

Un'ultima evoluzione ha portato allo sviluppo di approcci predittivi e produttivi della manutenzione, la quale non è più vista come una funzione separata nella vita aziendale, ma profondamente integrata in essa. Il pensiero portante di questa filosofia è di ridurre il numero degli addetti alla manutenzione a favore di un maggiore addestramento alla riparazione degli operatori diretti di produzione. Il manutentore in senso stretto diventa quindi una risorsa alla quale la produzione attinge solo per compiti prettamente specialistici, in cui sono richieste competenze più elevate.

Di seguito saranno illustrate le caratteristiche peculiari delle varie politiche adottate a livello industriale, in un'ottica in cui le politiche operative non sono nettamente separate tra loro. I confini applicativi che le dividono sono infatti dettati dalla situazione specifica in cui vengono applicate, ma possono coesistere all'interno della realtà globale dell'azienda. [8]

### 2.1 La manutenzione correttiva

La politica di manutenzione correttiva (o *a guasto*) prevede di lasciare la macchina in esercizio fin quando si manifesta o progredisce un'anomalia che costringe l'operatore a fermare la macchina. Questa strategia presenta aspetti contrastanti; il fattore positivo è che il costo di manutenzione o di fermo macchina è assente finché la macchina non si guasta, i fattori negativi possono essere sinteticamente elencati in:

- Ingente perdita di ricavi dovuti al fermo macchina per guasti;
- Imprevedibilità dell'intervento e delle conseguenti operazioni di deviazione del flusso produttivo in corso;

- Costi di riparazione non prevedibili ed eventuale propagazione del guasto ad altri componenti.

La politica di manutenzione correttiva, che rappresenta la più tradizionale, conserva la sua validità ed utilità qualora le tipologie dei guasti siano facilmente riparabili, in un contesto produttivo in cui il *downtime* non comporta gravi danni al ciclo produttivo generale. Un esempio può essere il caso in cui vi sia ridondanza di una specifica macchina, il guasto su una macchina ne provoca il fermo ma la continuità di produzione può essere garantita dalla sua gemella. L'applicazione della politica a guasto risulta utile e vantaggiosa anche nel caso in cui l'insorgenza dell'avaria sia scarsamente prevedibile, come si vedrà in seguito politiche differenti si basano sulla prevedibilità di accadimento del guasto. [8]

## 2.2 La manutenzione preventiva

La normativa definisce la manutenzione preventiva come *la manutenzione eseguita a intervalli predeterminati o in accordo a criteri prescritti e volta a ridurre la probabilità di guasto o la degradazione del funzionamento di un'entità*. [3]

La politica preventiva si basa quindi sulla sostituzione programmata di un determinato componente della macchina ancora perfettamente funzionante, con uno nuovo, in modo tale da prevenirne il cedimento incontrollato. La programmabilità dell'intervento consente una maggiore organizzazione del lavoro di manutenzione e garantisce la possibilità di gestire la fermata della macchina nella maniera più conveniente.

All'interno della manutenzione preventiva, in base alle modalità di determinazione degli intervalli di tempo predeterminati e alla definizione dei criteri prescritti, si possono distinguere almeno tre tecniche manutentive:

- La manutenzione programmata *statica*;
- La manutenzione programmata *dinamica*;
- La manutenzione su condizione.

Nella programmata statica, gli intervalli e i criteri prescritti di intervento sono generalmente fissati per tutta la vita utile del componente o della macchina. Viene quindi deciso a priori ogni quanto sostituire uno specifico elemento, cadenzando l'operazione.

Nella programmata dinamica gli intervalli sostitutivi sono determinati in base alla storia della macchina stessa. La rilevazione di KPI importanti come l'MTBF descritto precedentemente, consente di redigere dei calendari di intervento preventivo basati su una determinata probabilità che il guasto non si manifesti nell'arco di tempo che intercorre fra due sostituzioni successive. [8]

Si tratta della tipologia di manutenzione pianificata più comune, la sua efficacia viene esaltata se gli interventi seguono criteri volti a rilevare segni di usura o funzionamento degradato dei macchinari. Infatti, uno degli aspetti che maggiormente può porre in discussione l'approccio d'intervento ad intervalli temporali predeterminati, è l'evidenza sperimentale del fatto che la maggior parte dei guasti avvengono in maniera casuale, rendendo così inefficace questa soluzione. Un'altra critica può essere mossa nei confronti esclusivi della programmata statica, laddove applicata a elementi il cui uso non è propriamente massivo si rischia di sostituire dei pezzi praticamente nuovi. [8]

La manutenzione preventiva ha come punti di forza tutti gli aspetti che rendono debole la manutenzione a guasto: implementando la manutenzione preventiva si riesce a ridurre il numero di guasti, ad ottimizzare l'utilizzo del personale di manutenzione e delle scorte a magazzino. Tuttavia, con tale strategia si va certamente incontro ad un aumento dei costi diretti della manutenzione e bisogna tenere in conto che gli interventi dettati da tale strategia possono essi stessi condurre a dei guasti. [9]

Uno dei fattori decisivi al fine di valutare la convenienza dell'applicazione di un programma di manutenzioni preventive è quello dei costi. Il costo aggiuntivo delle manutenzioni preventive deve tuttavia essere giustificato da una riduzione del costo complessivo di riparazione e dal miglioramento delle performance dell'attrezzatura in esame. Infatti, se il costo di un intervento preventivo supera quello di una riparazione a guasto, l'approccio preventivo non può essere ritenuto conveniente. Se invece il verificarsi di un guasto può introdurre un grave danneggiamento dell'attrezzatura o elevati costi di riparazione, allora deve essere presa in considerazione l'applicazione di una strategia preventiva.

Altro fattore cruciale da valutare è l'utilizzazione relativa dell'attrezzatura da mantenere. In particolare, in ogni linea produttiva possono essere individuati elementi ed attrezzature cruciali per cui l'applicazione di una strategia preventiva può essere considerata sicuramente conveniente. Laddove invece si considerino elementi piccoli e non cruciali come piccoli motori o fusibili, si osserva come il costo dell'applicazione di una politica manutentiva preventiva superi di gran lunga quello della sostituzione a guasto, che si conferma in questi casi essere l'approccio più conveniente. Per

questa ragione nelle realtà aziendali è raro trovare l'applicazione a tappeto della manutenzione preventiva, che invece viene applicata a determinati elementi singoli dell'attrezzatura.

Tale soluzione di compromesso è spesso la più efficace data la sua flessibilità: non avendo infatti un piano di manutenzione rigido da applicare su ogni singolo elemento dell'attrezzatura, viene dato valore alla familiarità con le attrezzature e all'abilità da parte dei manutentori di riuscire ad individuare in anticipo i problemi meccanici di una determinata attrezzatura.

Un approccio molto efficace può essere la programmazione di *shutdown* periodici completi delle singole unità produttive aziendali per effettuare la revisione completa. Si tratta di una strategia che non si sposa bene con le esigenze produttive, specialmente dove si realizzano quotidianamente grandi volumi di produzione, ma può trovare un'applicazione ideale laddove il macchinario sia utilizzato per uno o due turni (da 8 ore) al massimo, sfruttando il turno di *off* per effettuare la revisione.

In ogni caso, può manifestarsi la necessità di prolungare il tempo di fermo della linea produttiva oltre lo stretto necessario proprio per portare a termine cruciali interventi di ispezione o sostituzione. Alla base della manutenzione preventiva vi è la presenza fondamentale dell'ingegneria preventiva. Si tratta di uno strumento potente per la riduzione dei blocchi dovuti a guasti, che viene applicato anche in realtà dove non vi è un programma di manutenzioni preventive. [5]

La principale attività dell'ingegneria preventiva è la ricerca delle cause di guasto. Essa non si limita semplicemente a implementare supporti con maggiore aspettativa di vita o migliori sistemi di lubrificazione, ma si addentra nell'analisi di ogni singola avaria presentatasi andandone a scoprire puntualmente la causa, perseguendo gli obiettivi tangibili della riduzione della frequenza di guasto e del costo di riparazione.

### 2.2.1 Pianificazione della manutenzione preventiva

La pianificazione è il concetto cardine della manutenzione preventiva. Il primo passo dev'essere quello di identificare elementi e macchinari che saranno oggetto di manutenzione, successivamente redigere il miglior piano di intervento per raggiungere il risultato atteso. Ciò sicuramente comporta e richiede una serie dettagliata di ispezioni e interventi. È quindi fondamentale affidarsi ad una risorsa dotata di grandi abilità ed intuito, doti comunicative efficaci ed esperienza sul campo.

Il piano di intervento dovrà essere dettagliato e dovrà rispettare determinate caratteristiche, in particolar modo il linguaggio adottato dovrà essere chiaro e conciso e contenere informazioni chiave riguardo l'intervento: "cosa" è coinvolto, "chi" svolgerà l'intervento, "come" e "quando" lo svolgerà, "perché" si rende necessaria l'operazione e "dove" si svolgerà.

Di seguito sono elencati alcuni punti fondamentali da cui non si può prescindere:

- Ogni procedura ha un titolo ed un identificativo numerico;
- Lo scopo deve essere espresso chiaramente;
- Strumenti e documenti necessari devono essere elencati;
- Le indicazioni inerenti alla sicurezza devono essere esplicitate in modo esaustivo;
- È necessario garantire uno spazio dedicato al manutentore per poter scrivere appunti e commenti riguardanti l'andamento soddisfacente o meno della procedura in atto.

Per comodità operativa si possono stampare le procedure oppure compilare un modulo prestampato nella modalità di checklist, che il manutentore riporterà all'ufficio competente una volta conclusa l'operazione.

Un aspetto da non sottovalutare ma da considerare nella sua importanza è la gestione degli imprevisti, ovvero quelle azioni non pianificate ma venute alla luce durante l'intervento, che devono necessariamente essere eseguite per concludere le operazioni manutentive.

Di fronte all'imprevisto si possono scegliere due modalità, risolvere il difetto imprevisto sul momento oppure identificarlo e classificarlo, ma risolverlo in un momento successivo. Il fattore che impatta maggiormente su questa decisione è il tempo di risoluzione dell'imprevisto. A livello di policy tecnica si può stabilire un intervallo di tempo massimo di intervento sull'imprevisto, se l'imprevisto comporta un tempo di risoluzione minore o uguale all'intervallo predefinito si risolverà al momento, se il tempo è maggiore all'intervallo allora si schedulerà un nuovo intervento in seguito.

La definizione di questo *intervallo limite* si basa rispetto a tre fattori:

- Tempo necessario a raggiungere la postazione lavorativa;
- Effetti sulla produzione;
- Necessità da parte dei manutentori di seguire fedelmente il piano cronologico degli interventi.

Un intervallo ragionevole può essere quello di 10 minuti, ma ogni azienda riconoscerà il tempo adeguato in base alle proprie esigenze. Per ottimizzare il tempo dell'intero processo manutentivo è preferibile che l'operatore in servizio che sta svolgendo la procedura risolva, laddove ne possenga le capacità, il difetto imprevisto di piccole entità. La motivazione che porta a sconsigliare fortemente la risoluzione al momento di imprevisti di ingente entità scaturisce dal fatto che non seguire la pianificazione cronologica degli interventi può produrre danni importanti sulla produzione, richiedendo ad esempio un prolungamento del fermo macchina, non previsto tanto quanto il difetto. [10]

### 2.3 La manutenzione su condizione

La manutenzione su condizione rientra nell'ambito della manutenzione preventiva ma si differenzia per alcuni aspetti. Per poter esprimere al meglio e in maniera intuitiva il concetto si può presentare il seguente esempio pratico che ogni persona può riscontrare nella propria quotidianità guidando un'automobile: la programmazione di sostituzione delle pastiglie dei freni. Questa è a tutti gli effetti un'operazione di manutenzione preventiva al fine di evitare lievi o disastrosi incidenti.

Applicare però una strategia di manutenzione preventiva statica o dinamica potrebbe risultare non conveniente, specie se lo stile e/o le condizioni di guida sono mutevoli. La soluzione generalmente adottata è quella di constatare le condizioni di usura e decidere se optare per la sostituzione o meno del particolare in esame: si opera quindi per una manutenzione *su condizione*.

Lo stesso ragionamento si può perfettamente applicare anche in ambito industriale, spesso infatti si preferisce intervenire previa approvazione del personale tecnico, che ha il compito di appurare lo stato di usura di uno o più particolari e procedere alla sostituzione prima dell'avvenimento del guasto.

I programmi manutentivi si traducono sovente in regolari interventi di smontaggio, sostituzione e rimontaggio dei componenti. Talvolta le sostituzioni si rivelano non necessarie al fine di prevenire guasti futuri, il che origina non solo un incremento dei costi totali, ma potrebbe provocare guasti indotti e un conseguente danno economico maggiore rispetto all'utilizzo continuativo della macchina fino al verificarsi della rottura.

La strategia di monitoraggio della condizione, effettuata mediante verifiche ispettive periodiche, tende quindi ad individuare lo stato di un componente che potenzialmente potrebbe provocare il guasto. In un'ottica di manutenzione sempre più integrata e allo scopo di distanziare ulteriormente

i periodi tra due sostituzioni preventive, il piano di ispezioni sullo stato di una macchina o di un suo determinato componente è spesso vantaggiosamente correlato ad un programma di manutenzione programmata dinamica, ma spesso necessita anche di un elevato grado di addestramento da parte del personale esecutore nel riconoscimento di un'anomalia.

Lo scopo della manutenzione basata sul monitoraggio si può sintetizzare nei seguenti punti:

- Ridurre i costi di manutenzione;
- Aumentare la disponibilità operativa dei macchinari;
- Migliorare la sicurezza;
- Ridurre la quantità e la gravità dei guasti in esercizio.

I sistemi generalmente adottati per il monitoraggio in ambiente industriale possono essere di diverse tipologie. I dati relativi a svariati parametri di funzionamento (che potrebbero convogliare segnali premonitori di guasto: temperatura, assorbimento elettrico, stato di usura ecc.) possono essere acquisiti a intervalli regolari e piuttosto brevi. In questo caso si parla di **sistemi continui**, particolarmente costosi ma offrono il più alto grado di copertura nei confronti del guasto. I dati possono però essere acquisiti a intervalli di tempo più lunghi, in questo caso si parlerà di **sistemi di sorveglianza**.

Si può anche fare una distinzione a livello di metodologia con cui vengono registrati i dati. Nel caso in cui i dati sono forniti da strumenti e apparecchiature posizionati in punti di misura definiti a priori si parla di **sistemi di acquisizione distribuiti**. Se i dati vengono raccolti manualmente dagli operatori durante percorsi pianificati, senza l'ausilio di strumenti, allora si definiscono **sistemi di acquisizione manuali**.

La manutenzione preventiva, di cui fanno parte la programmata e la manutenzione su condizione, svolge quindi un ruolo determinante nel contenere il tasso di guasto. I particolari vengono ispezionati e/o revisionati prima che avvenga il cedimento, pertanto il tasso di guasto tende a scendere sotto a quello ottenibile con la manutenzione correttiva.

Alla luce di queste valutazioni e degli strumenti a disposizione è necessario valutare un bilancio economico finale, fra la *spesa per sostenere la manutenzione*, sotto il profilo dei materiali ma anche della mancata produzione derivante dai downtime per revisione, e il *guadagno economico* in termini di disponibilità e quindi di produzione che ne deriva.



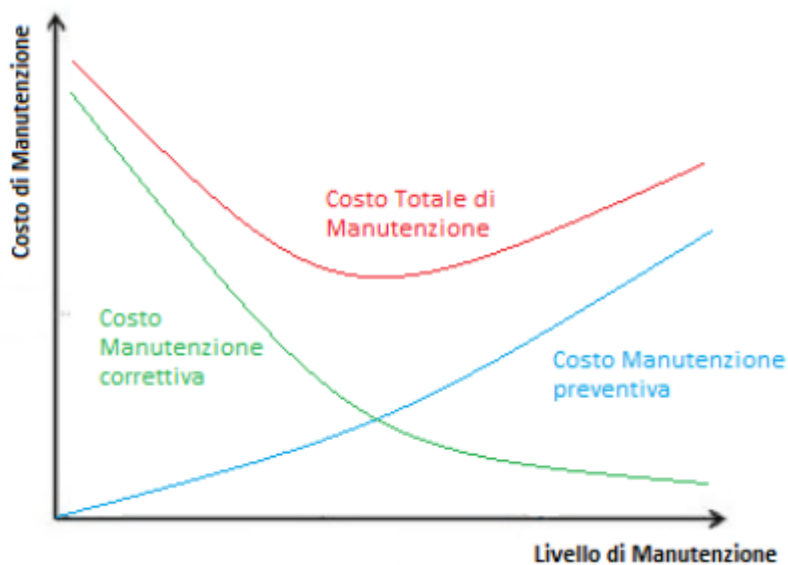


Figura 4 - Costo totale di manutenzione in funzione del Livello di Manutenzione

La figura 4 mostra l'andamento dei costi di manutenzione a guasto e preventiva in funzione del livello di manutenzione aziendale. È evidente che per ottenere un costo totale accettabile è opportuno un bilanciamento tra le attività correttiva e programmata.

Si tratterà nei paragrafi successivi di quali strumenti di analisi ci si può avvalere per il monitoraggio delle condizioni dei macchinari, attraverso dei criteri che indicano lo "stato di salute" della macchina. [8]

## 2.4 La manutenzione predittiva

La manutenzione predittiva si basa sulla possibilità di riconoscere la presenza di un'anomalia in stato di avanzamento attraverso la scoperta, l'interpretazione e l'elaborazione di deboli segnali premonitori del guasto finale. Tali segnali, quando vengono riconosciuti, entrano a far parte di quei fattori che possono essere monitorati attraverso ispezioni continue o periodiche, quindi nella sfera di influenza della manutenzione preventiva.

Per quanto la differenza con la manutenzione preventiva su condizione possa essere considerata sottile, in letteratura [9] si delineano i tratti che contraddistinguono e differenziano queste due strategie. La manutenzione predittiva è considerata più come una filosofia organizzativa, un'ideologia definita ai vertici aziendali, la manutenzione preventiva su condizione invece è riconosciuta come un approccio più pragmatico, scelto fra le differenti possibilità di gestire le problematiche dei guasti. Contrariamente alla manutenzione su condizione, l'idea di base della predittiva si fonda su un controllo dello stato delle apparecchiature tale da non interrompere il loro

normale funzionamento, ma da segnalarne anticipatamente ed in modo continuativo il progressivo degrado.

Lo scopo della manutenzione predittiva è quello di minimizzare, attraverso lo sviluppo di metodologie flessibili e affidabili di rilevamento della condizione, il numero di ispezioni o di revisioni che potrebbero a loro volta dare luogo a guasti o deterioramenti. Un esempio potrebbe essere l'identificazione di una legge che correli l'aumento della temperatura di un cuscinetto e la sua vita residua. [8]

#### 2.4.1 Tecniche di manutenzione predittiva

In questo paragrafo verranno illustrate le differenti tecnologie che permettono di poter avere dati rilevanti al fine della creazione di un programma di manutenzione.

1. L'**analisi vibrazionale** è la tecnica di manutenzione predittiva dominante. Si tratta della tecnica di più vasta applicazione, data la natura prevalentemente meccanica di gran parte dell'attrezzatura di un impianto. È la tecnica che porta maggiori benefici dal punto di vista della pianificazione manutentiva, l'obiettivo è quello di studiare le vibrazioni create dall'attrezzatura meccanica o da un generico sistema dell'impianto per determinare le reali condizioni in cui lo stesso versa. Nonostante questa tecnologia sia affidabile ed efficiente per l'analisi e la rilevazione della causa di un non corretto funzionamento, i costi dettati dall'analisi di questo tipo sono particolarmente ingenti. Di conseguenza l'applicazione trova spazio solo sulle macchine definite critiche, per giustificare la spesa.

Il progresso tecnologico nel campo dell'intelligenza artificiale ha permesso di avere a disposizione un notevole aiuto da parte dei microprocessori, anche in questo settore. I sistemi basati sui microprocessori rendono più agevole l'acquisizione e l'analisi dei dati, rendendoli più accessibili anche ai meno esperti. I sistemi oggi più diffusi a livello commerciale sono in grado di valutare trend temporali e riportare le condizioni meccaniche di tutte le attrezzature analizzate, coadiuvando la schedulazione della manutenzione nelle macchine rotanti e alternative.

2. Le **termografie** rappresentano un'altra tecnica di manutenzione predittiva da utilizzare per il monitoraggio delle condizioni dei macchinari. Ci si avvale di strumenti progettati per monitorare l'emissione di radiazioni infrarosse come la temperatura. In questo modo è possibile individuare anomalie termiche dei componenti dei macchinari e prevenire condizioni di guasto. Questa tecnologia è particolarmente adatta per individuare l'eccessivo

calore sviluppato dai fenomeni d'attrito in componenti meccanici rotanti malfunzionanti, come ad esempio le valvole di raffreddamento. L'incremento della temperatura può portare ad una serie di reazioni collaterali come perdite dalle guarnizioni, fermo della macchina e grippaggio del motore.

3. La **tribologia** si riferisce allo studio delle dinamiche operative legate alla lubrificazione delle strutture di supporto rotoriche dei macchinari. Esistono differenti tecniche di tribologia applicabili, come l'analisi degli oli lubrificanti, le analisi spettrografiche o le ferrografie. L'analisi degli oli lubrificanti è volta alla determinazione delle condizioni degli oli presenti nei macchinari. Attraverso le suddette analisi è spesso possibile determinare le quantità di elementi chimici, come additivi e particelle contaminanti, presenti nell'olio. La presenza di particelle metalliche è indice di usura, che può essere modellizzata e fornire di conseguenza una stima della vita residua. Se in passato la tribologia si serviva di processi di analisi lenti e costosi, con necessità di impiego di tecniche di laboratorio specializzate, oggi la tecnologia dei microprocessori permette di automatizzare le analisi spettrografiche e degli oli lubrificanti, riducendo così costi e lavoro manuale. Grazie a questa tecnica è possibile effettuare controlli qualità e determinare l'intervallo di cambio olio più efficiente, basandosi sulle reali condizioni dello stesso attraverso procedure semplici ed economiche come test e campionamenti.
4. Attraverso la **ferrografia** è possibile individuare la contaminazione di particelle attraverso l'utilizzo di un campo magnetico, mentre nella **spettrografia** viene bruciato un campione. Data la natura della tecnica ferrografica, essa è efficace solo per l'individuazione di particelle ferrose o magnetiche. Il suo utilizzo risulta dunque particolarmente adatto per misurare la qualità dei lubrificanti utilizzati negli ingranaggi. Questa tecnica spesso non trova altissima diffusione per via dei costi elevati e delle attrezzature necessarie, senza contare che talvolta raccogliere campioni rappresentativi dell'attuale condizione dell'olio in macchina potrebbe non essere agevole. I detriti possono essere di vario tipo, i principali e più comuni detriti da usura sono i *detriti da sfregamento*, *detriti da taglio*, *detriti sferici*, *detriti laminari*, *detriti da strisciamento* e *chunk* (particelle grossolane con superficie regolare e lavorata).
5. L'analisi del **rumore** prodotto dalle macchine durante il corso del loro funzionamento può essere una tecnica molto efficace ai fini della manutenzione predittiva. Al fine di condurre un'analisi appropriata del fenomeno è opportuno definire un limite inferiore e un limite superiore entro i quali il rumore prodotto dai macchinari può essere ritenuto normale. Il

limite inferiore può essere fissato a quello prodotto dalla macchina nel corso del suo funzionamento a vuoto, mentre quello superiore sarà rappresentato dal rumore prodotto dalla macchina in fase di produzione. Se il rumore avvertito ha un'intensità inferiore rispetto al limite inferiore si tratta di un segnale allarmante, così come un rumore superiore all'intervallo superiore. Questo tipo di approccio può essere decisivo laddove un'ispezione visiva richiederebbe di rimuovere carter e organi di protezione.

6. Le **ispezioni visive** rappresentano una delle tecniche più spesso sottovalutate, tuttavia tramite questa semplice operazione non intrusiva si possono ricavare informazioni importanti riguardo le condizioni del macchinario. A bassissimo costo si riescono a rilevare soprattutto perdite e montaggi errati. Il grosso limite di questa metodologia è che essa genera informazioni qualitative e soggettive, dipendenti quindi fortemente dall'esperienza tecnica di chi ispeziona. [11]

## 2.5 La manutenzione produttiva (TPM)

Una moderna visione dell'organizzazione industriale tende a identificare la manutenzione non più come una funzione aziendale accessoria alla produzione, ma come una sua parte integrante. In quest'ottica di sempre maggiore integrazione interfunzionale, si inseriscono le motivazioni che portano all'approccio della manutenzione produttiva, o TPM (Total Productive Maintenance).

I concetti di base della TPM si possono riassumere nei seguenti aspetti:

- La TPM ha l'obiettivo di ottenere la massima efficienza e quindi l'affidabilità dell'impianto, al fine di ridurre l'insieme di tutti i costi sostenuti nell'intero ciclo di vita utile stimata dell'impianto.
- È un sistema di mantenimento basato sulla prevenzione durante tutta la vita utile.
- Prevede il coinvolgimento operativo di tutto il personale dell'azienda, inteso come Enti interni o risorse umane, dal top manager all'operatore di produzione.

Sostanzialmente la manutenzione produttiva utilizza le tecniche preventive allo scopo di massimizzare la disponibilità dell'impianto al minimo costo, nel corso di tutta la sua vita utile prevedendo la partecipazione attiva di tutto il personale aziendale.

Uno degli aspetti fondamentali di questa strategia manutentiva "globale" è che le cause di inaffidabilità delle macchine sono imputabili a errori nella progettazione e nella gestione dell'impianto. Essa mira pertanto a eliminare alcune cause di guasto che possono essere riassunte

in tre categorie: **errori di progetto** (compiuti in fase di progettazione, costruzione e/o installazione), **errori di esercizio** (impianti tenuti in cattive condizioni e/o errori in avviamento o conduzione) ed **errori di manutenzione** (possono accadere nell'esecuzione degli interventi di ripristino).

Si tratta di una metodologia complessa e innovativa, le cui linee di azione peculiari sono sicuramente di mantenere l'impianto nelle condizioni ottimali quanto più a lungo possibile, attingendo alle risorse già acquisite dalla manutenzione e gestendo l'impianto in maniera globale. Lo studio e il monitoraggio in itinere consentono inoltre di correggere le carenze di progetto che possono venire alla luce in fase di utilizzo della macchina, e prevenire gli errori umani attraverso la formazione e la responsabilizzazione delle maestranze.

La TPM prevede di raggiungere questi obiettivi attraverso il miglioramento continuo delle prestazioni del servizio di manutenzione, ma anche della cosiddetta *manutenzione autonoma*. Come anticipato precedentemente la TPM coinvolge settori aziendali diversi e si estende ben oltre alle attività di riparazione del guasto; in quest'ottica la manutenzione autonoma può essere definita come il complesso delle attività di manutenzione e di conduzione svolte dal personale di produzione. Affidabilità e disponibilità vanno quindi interpretate non solo come decremento del tasso di guasto, ma anche come capacità del sistema (inteso come insieme di risorse umane e macchine) di fornire le prestazioni ottimali. Tramite la formazione e il coinvolgimento del personale operativo, la manutenzione autonoma ha lo scopo di realizzare un sistema di gestione che consenta il miglioramento delle prestazioni dell'impianto e il mantenimento delle prestazioni a livelli ottimali.

Le problematiche principali nell'applicazione pratica di queste teorie riguardano soprattutto lo sforzo di coinvolgimento del personale aziendale a tutti i livelli. Il cambiamento delle abitudini consolidate, già in essere con l'introduzione delle filosofie preventive e predittive, viene ulteriormente amplificato allo scopo di creare la massima integrazione possibile delle risorse tecniche e umane proprie di un'impresa industriale. [8]

Di seguito viene presentato uno schema riassuntivo delle politiche manutentive analizzate, differenziando la sfumatura fra politiche a filosofie.

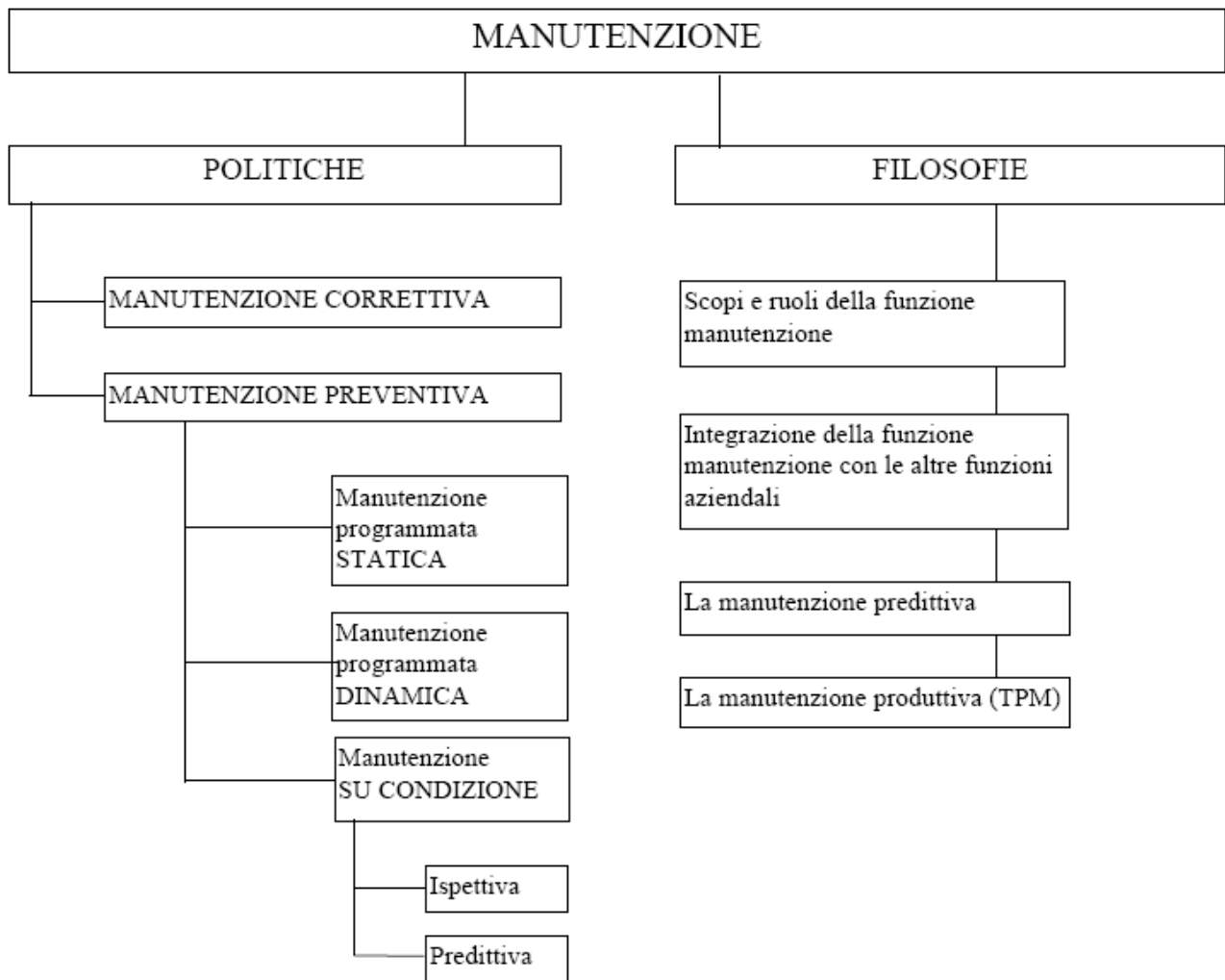


Figura 5 - Schema riassuntivo delle politiche manutentive

## 2.6 Criteri di progetto della manutenzione

Il progetto delle strategie manutentive per un sistema produttivo richiede che si possieda una conoscenza adeguata dei beni da mantenere e del loro funzionamento. Definire un piano di manutenzione vuol dire non solo determinare le attività e la frequenza con la quale devono essere eseguite, ma, cosa ancora più importante, individuare le esigenze manutentive per ogni asset produttivo, per stabilire il mix ottimale di politiche che garantisca il corretto funzionamento del sistema ed elevata affidabilità. Per progettare correttamente la politica di manutenzione occorre valutare diversi aspetti, sia quelli che incidono sulle prestazioni affidabilistiche, sia su quelli economici.

I criteri principali da considerare sono:

- valutazioni di affidabilità: analizzare la scelta delle attività manutentive in base all'affidabilità significa valutare quali strategie siano potenzialmente applicabili in funzione della fase del ciclo di vita operativa in cui si trova l'entità oggetto di manutenzione; ciò vuol dire, ad esempio, procedere con controlli periodici al mantenimento di un bene che non ha esaurito la propria età operativa, mentre potrebbe essere conveniente provvedere alla sua sostituzione se è vicino al termine della sua vita utile;
- Valutazione economica: se da un punto di vista affidabilistico sono definibili i modelli di manutenzione in funzione dell'età operativa del bene, la loro valutazione economica permette di individuare la politica migliore, per ottenere il minor costo totale di manutenzione;
- Valutazione tecnica: a volte, la prestazione obiettivo che si persegue è di tipo tecnico, anziché economico. Ad esempio, se si desidera ottenere la massima capacità produttiva o continuità di servizio, l'obiettivo è la massima disponibilità operativa, anche se questa condizione può non generare il minimo costo totale di manutenzione.

### 3 Il ruolo dell'Ingegneria di Manutenzione

Con il termine Ingegneria di Manutenzione si intende la funzione che ha il compito di dedurre adeguate proposte di miglioramento della manutenzione, sia dal punto di vista tecnico, che gestionale [5]. Per raggiungere questo scopo ci si avvale di analisi quantitative, unitamente all'utilizzo di tecniche e strumenti software che le sono propri.

Il ruolo assunto dall'Ingegneria di Manutenzione è il risultato di un'evoluzione della manutenzione dalle forme puramente reattive verso forme sempre più sofisticate, in cui convergono concetti e metodi tipici dell'ingegneria per ottenere risultati sempre migliori in termini di sicurezza, efficienza, efficacia e costi. [12] La Figura 6 permette di schematizzare la posizione organizzativa ed il ruolo dell'Ingegneria di Manutenzione.

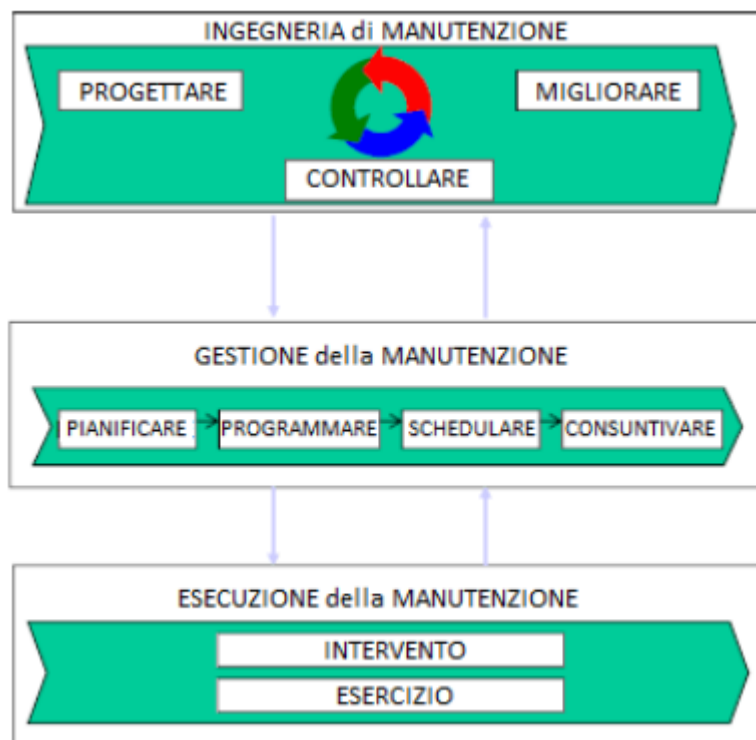


Figura 6 - Ruolo dell'Ingegneria di Manutenzione

In essa si identificano, partendo dal basso, i tre principali macro-processi organizzativi della manutenzione:

- Il processo di Esecuzione della Manutenzione riceve gli ordini operativi dal processo di Gestione della Manutenzione e riporta ad esso lo stato di avanzamento degli stessi, oltre a tutte le informazioni sugli interventi preventivi o a guasto;



- Il processo di Gestione della Manutenzione genera un report delle sue attività che riguardano l'organizzazione degli interventi, dalla fase di pianificazione alla loro consuntivazione, e lo invia alla funzione di Ingegneria di Manutenzione;
- Infine, il processo di Ingegneria di Manutenzione, utilizzando un insieme di tecniche e strumenti di supporto, ha il compito di dedurre dall'analisi dei dati ricevuti, adeguate proposte di miglioramento delle attività manutentive, dal punto di vista tecnico e gestionale. Le deduzioni ed i piani realizzati dall'Ingegneria di Manutenzione vengono quindi trasferiti come input alla Gestione della Manutenzione, che ha il compito di prepararne la messa in pratica.

Tra le varie attività svolte dall'Ingegneria di Manutenzione, le principali sono:

- Progettare e promuovere le politiche e le strategie manutentive più adeguate al contesto specifico, analizzando l'applicazione dei diversi modelli ed individuando il loro mix ottimale, cioè al minimo costo totale;
- Pianificare interventi per il miglioramento dei parametri di affidabilità del sistema, inteso come insieme di elementi che si comportano come un'entità che si propone la realizzazione di alcune funzioni o servizi;
- Promuovere il miglioramento continuo delle prestazioni tecniche dei sistemi e dei costi di manutenzione;
- Gestire le parti di ricambio;
- Sviluppare e diffondere i Sistemi Informativi di Manutenzione;
- Costituire il riferimento culturale di tutta l'organizzazione manutentiva.

### 3.1 Sistemi informativi di manutenzione

La normativa *UNI 10584* definisce il SIM (Sistema Informativo di Manutenzione) come un complesso di norme, procedure e strumenti atti a raccogliere ed elaborare le informazioni necessarie alla gestione delle attività di manutenzione e per il monitoraggio dell'attività degli impianti [13].

L'Ingegneria di Manutenzione fornisce il supporto nella progettazione o revisione della gestione della manutenzione proprio attraverso l'analisi e la simulazione, ciò supporta i sistemi per la

modellazione, aventi l'obiettivo di migliorare le prestazioni raggiunte dal sistema oggetto delle attività manutentive.

Mettendo a disposizione diversi tipi di analisi e di supporti, i sistemi informativi coadiuvano nella scelta delle più efficaci strategie di manutenzione e gestione dei materiali di ricambio. Dal punto di vista dei contenuti, è possibile dire che i sistemi software per l'ingegneria di manutenzione costituiscono il supporto operativo delle diverse metodologie di analisi ingegneristica dell'affidabilità dei sistemi e della manutenzione in generale. Nel corso del presente lavoro di tesi verrà analizzato il software gestionale utilizzato in azienda, descrivendone caratteristiche e funzionalità.

### 3.2 Gestione dei materiali

Uno degli aspetti principali nell'ottica della gestione in manutenzione riguarda l'aspetto dei materiali e dei ricambi. Come precedentemente illustrato, il fine del processo di gestione dei materiali tecnici è quello di avere disponibilità immediata dei materiali necessari alla manutenzione, nel momento e nelle quantità in cui sono richiesti al minimo costo globale della manutenzione. Si sottolinea nuovamente a questo riguardo che non devono essere considerati solo i costi diretti, ossia i costi di acquisto, stoccaggio e gestione dei materiali, ma anche quelli indotti, ossia i costi di fermo e indisponibilità degli impianti.

A tale scopo, il punto di partenza è sicuramente il corretto dimensionamento del magazzino, per garantire elevati livelli di servizio delle attività di manutenzione. Per poter gestire correttamente i materiali tecnici è necessario assegnare ad ogni elemento un codice rappresentativo. Tale codice può essere semplicemente un progressivo oppure può essere formato da una serie di elementi descrittivi del pezzo (caratteristiche geometriche, meccaniche, chimico-fisiche, ecc.) che permettono di riconoscerlo e di tracciarlo con facilità.

Per evitare la codifica di numerosi item da gestire e ridurre i costi globali di manutenzione è necessario, ove possibile, standardizzare le parti di ricambio. Un minor numero di item permette, oltre alla riduzione dei costi, migliori conoscenze sul loro utilizzo e sulla loro affidabilità. La standardizzazione dei materiali tecnici, per la delicatezza e la complessità della materia e per le conoscenze che sono richieste, implica la collaborazione e l'integrazione con altre funzioni aziendali, quali acquisti, ICT e ufficio tecnico. Inoltre, il piano di codifica deve essere costruito in modo da

facilitare l'individuazione delle similitudini e la ricerca sui parametri caratteristici che determinano la intercambiabilità, facilitando la standardizzazione dei pezzi.

Successivamente, per ciascun componente si stimano i consumi e si definisce la miglior politica di gestione delle scorte (a quantità o a magazzino) che sarà strettamente connessa al tipo di manutenzione per cui il componente è destinato.

In un'azienda con più stabilimenti la gestione dei magazzini può essere gestita internamente, decidendo di gestirli in modo indipendente l'uno dall'altro, oppure realizzando un unico magazzino centralizzato e destinando poi i pezzi ai vari stabilimenti. Un'alternativa può essere anche affidare esternamente la gestione di alcuni pezzi specifici oppure far gestire interamente il magazzino al fornitore. [14]

### 3.3 Gestione delle risorse umane

Il cambiamento nella concezione della manutenzione da "costo vivo" a "investimento a lungo termine" deve avvenire in maniera graduale e deve far parte di un generale piano di miglioramento aziendale, trasversale alle varie funzioni o divisioni. Essendo un processo di cambiamento nella filosofia, che ha però riscontri nelle immediate procedure operative, l'elemento chiave diventa allora la gestione e la formazione del personale.

Avere una precisa conoscenza delle risorse presenti all'interno dell'organizzazione è utile per prevedere i costi degli interventi manutentivi, oltre che per valutare la necessità di programmi di training del personale.

L'affidabilità delle risorse, definita Human Reliability, contribuisce sensibilmente a determinare l'affidabilità del sistema nel suo complesso. In letteratura [15] viene evidenziato il fatto che oltre la metà dei guasti delle apparecchiature sono causati da errori umani. In un contesto del genere quindi, avere in organico persone competenti e motivate costituisce la base per l'implementazione di procedure manutentive inserite in un sistema affidabile. La Human Reliability è infatti funzione di diversi driver, tra cui capacità, conoscenze, motivazione e formazione.

L'obiettivo dell'organizzazione è quello di favorire il flusso verticale dell'intento e dell'informazione, indirizzando le risorse verso i giusti comportamenti e sviluppando le loro competenze.

La normativa [16] prevede quattro posizioni professionali, in base alle dimensioni ed articolazioni delle imprese e dei vari settori merceologici. Questa normativa italiana definisce uno standard solido ed affidabile per la qualifica del personale di manutenzione, le figure professionali identificate sono:

- Responsabile della funzione/servizio di manutenzione;
- Supervisore dei lavori;
- Ingegnere di manutenzione;
- Specialista preposto e/o operativo.



Figura 7 - Piramide del personale di manutenzione

Per ogni mansione la norma stabilisce le competenze richieste, intese come:

- Conoscenze essenziali derivanti dal grado di istruzione, ovvero il *sapere*;
- Le abilità minime derivanti dall'esperienza acquisita gestionale ed operativa, ovvero il *saper fare*;
- Il *saper essere*, cioè l'insieme di attitudini, tratti caratteriali e comportamentali che consentono di effettuare le prestazioni attese secondo la migliore qualità.

### 3.4 Gestione dei terzi

Non è inusuale che ai vertici della strategia aziendale si preferisca intendere la manutenzione come un servizio fornito da terze parti. Le motivazioni possono essere svariate, da un'analisi comparativa dei costi fra outsourcing e verticalizzazione che propende verso la terzizzazione, a constatazioni che evidenziano la carenza di risorse adatte alla funzione in esame.

Per la gestione di terze parti è molto importante definire la tipologia di contratto più adatta ai propri obiettivi. La scelta influenzerà infatti sia il tipo di servizio che verrà offerto che la relazione che si instaurerà col fornitore.

Le principali tipologie di contratto utilizzate sono:

- Terzizzazione a constatazione: consiste nella fornitura di mano d'opera da parte di terzi dotati di attrezzature proprie e la responsabilità di conduzione del servizio è a carico dell'assuntore. La constatazione si liquida sulla base di un costo orario preventivamente concordato e sulle ore realmente impiegate per l'esecuzione del lavoro appaltato. Tipicamente la fornitura può comprendere i materiali utilizzati per l'intervento che vengono fatturate a parte.
- Terzizzazione a corpo: consiste nella fornitura di prestazioni con piena responsabilità dell'intervento, con mezzi ed attrezzature dell'assuntore e con un prezzo preventivamente concordato comprensivo di mano d'opera e materiali. L'intervento a corpo si liquida con il prezzo stipulato a meno di sopravvenienze non preventivate ed escluse dal capitolato dei lavori.
- General Contracting: la gestione e il coordinamento operativo delle attività di manutenzione terzizzate viene data ad un committente esterno, il quale diventa l'unica interfaccia del cliente per le attività manutentive svolte dalle aziende terze. Il ricorso ad un committente (general contractor) permette di risolvere il problema della complessità gestionale delle aziende esterne che eseguono la manutenzione per l'azienda.
- Global Service: forma estrema di outsourcing in cui al committente viene trasferita l'intera responsabilità del progetto compreso il risultato finale, cioè il raggiungimento degli obiettivi concordati. Il compito è progettare, gestire ed erogare le attività di manutenzione con piena responsabilità sul raggiungimento degli obiettivi e nei tempi comunemente concordati tra le parti e chiaramente misurabili.

Di fronte alla possibilità di terziarizzazione delle attività manutentive è essenziale eseguire un'analisi di fattibilità, che si articola in tre fasi:

1. Strategica: valutazione dell'importanza o meno della manutenzione per l'azienda, identificando i flussi fisici ed informativi tra le attività e le loro competenze. Tale analisi permette di capire se l'attività di manutenzione è una competenza distintiva dell'azienda e genera vantaggio competitivo e, quindi, capire se è opportuno mantenerla al proprio interno oppure no;
2. Tecnico-organizzativa: valutazione della realizzabilità tecnica di attività manutentive da parte di un ente esterno, l'impatto che ciò avrebbe sull'assetto organizzativo dell'impresa, la capacità di interfacciarsi con il fornitore e di valutarne le performance e, infine, le verifiche dei vincoli giuridici relativi ad aspetti di sicurezza sul lavoro e responsabilità giuridiche dell'assuntore del servizio;
3. Economica: Valutazione dei possibili fornitori del servizio di manutenzione in base alle loro garanzie e ai loro prezzi.

Come si può immaginare, la terziarizzazione è un'opzione da non sottovalutare specialmente nei casi in cui un'azienda decida di cambiare politica manutentiva, ad esempio da manutenzione a guasto a manutenzione predittiva, ma non disponga degli strumenti tecnici e delle risorse necessari alla sua implementazione. [14]

## 4 Il rischio operativo

Il presente capitolo ha l'intento di illustrare la concezione del rischio operativo da un punto di vista differente, ovvero quello del mondo degli intermediari finanziari. Non si ha la pretesa di proporre uno spunto applicativo della seguente trattazione all'industria manifatturiera, ma solo quella di presentare un interessante parallelismo fra due ambiti molto differenti nell'affrontare la medesima tipologia di rischio.

L'approccio al rischio operativo può essere molto diversificato nel settore manifatturiero, in quanto è un rischio particolarmente rilevante in questo tipo di industria; ogni azienda può scegliere le più adeguate strategie gestionali per fronteggiarlo, da investimenti mirati al suo contenimento all'accantonamento di fondi dedicati. Nell'industria bancaria questo non è il rischio più rilevante, ma l'approccio ad esso è comunque vincolato a regole precise dettate dal **Comitato di Basilea** e consiste nel soddisfacimento di determinati *requisiti patrimoniali*. Nonostante le diversità ciò che si vuole sottolineare è l'importanza attribuita alla gestione di tale rischio, indipendentemente dal settore in cui si opera, in quanto il rischio operativo si configura come **rischio puro ineliminabile**.

Il requisito patrimoniale per i rischi operativi è uno degli effetti della normativa prudenziale, definito all'interno del Comitato di Basilea all'inizio del nuovo millennio e anticipato nella bozza di Accordo sul capitale del giugno 2004. La sua completa formalizzazione (sul piano definitorio e sulle metodologie di calcolo del requisito) troverà però luogo con **Basilea II**, nel mese di giugno 2006. [17]

La definizione di rischio operativo e le metodologie di calcolo hanno resistito alla prova della crisi finanziaria internazionale del 2007-2008, nonostante la reazione dei regolatori europei che dal 2010 hanno cautelativamente innalzato progressivamente i livelli di *patrimonializzazione* delle banche, i *buffer di liquidità* e introdotto strumenti efficaci di *monitoraggio degli equilibri tecnici*.

La definizione che si trova nei documenti redatti dal Comitato di Basilea nel 2006 descrive il rischio operativo come *“il rischio di perdite derivanti dalla inadeguatezza o dalla disfunzione di processi, risorse umane e sistemi interni, oppure da eventi esogeni, ivi compreso il rischio giuridico”*; si può notare come tale definizione sia perfettamente adatta anche ad un contesto diverso da quello bancario.

Le quattro metodologie di calcolo del requisito sono rimaste pressoché invariate per un decennio, nonostante la riforma del *framework* di Basilea del 2010 (**Basilea III**). [18]

Le metodologie sono caratterizzate da crescente complessità e sono richiamate di seguito:

- **Il Basic Indicator Approach (BIA):** questo metodo individua come proxy dell'esposizione al rischio la *media degli ultimi tre anni* del margine di intermediazione, al quale viene applicato un *coefficiente alfa ( $\alpha$ ) del 15%* per determinare l'assorbimento di capitale;
- **Lo Standardised Approach (SA):** replica la logica precedentemente descritta su diverse linee di business nelle quali può essere articolata l'attività della banca, applicando alla media dei margini di intermediazione (calcolati per ogni linea di business) un *coefficiente beta ( $\beta$ ) compreso tra il 12 e il 18%*. È prevista anche una variante alternativa (**ASA**) per le attività di *retail e commercial banking*, sostituendo al margine di intermediazione un indicatore di reddito normalizzato pari all'ammontare nominale dei crediti e degli anticipi moltiplicato per un fattore fisso "m" pari allo 0,035;
- **L'Advanced Measurement Approach (AMA):** utilizzabile solamente in seguito a opportuna validazione dell'Autorità di vigilanza. Attraverso questo metodo la banca deve ragionevolmente stimare perdite impreviste basate sull'uso combinato di dati interni ed esterni, di analisi di scenario e del contesto aziendale specifico, nonché della valutazione dei presidi di controllo interno. Al di là di requisiti qualitativi, i modelli interni dovrebbero essere capaci di catturare eventi di perdita potenzialmente gravi presenti nelle "code" della distribuzione utilizzata per stimare l'assorbimento patrimoniale, soddisfacendo standard di robustezza paragonabili a quelli richiesti per l'approccio basato sui rating interni per il rischio di credito (holding period di un anno e intervallo di confidenza al 99,9° percentile). [19]

Come rilevato dal Comitato di Basilea, la crisi finanziaria del 2007 ha messo in evidenza due principali criticità della disciplina sul rischio operativo descritta precedentemente. In primo luogo, i requisiti patrimoniali per il rischio operativo si sono rivelati insufficienti a coprire le perdite operative sostenute dalle banche. In secondo luogo, la natura di queste perdite ha messo in evidenza la ridotta efficacia predittiva dei modelli interni. Per questi motivi le valutazioni condotte dal Comitato di Basilea hanno comportato nel dicembre 2017 alla semplificazione del metodo, definendo un unico approccio standardizzato sensibile al rischio che dovrà essere adottato da tutte le banche: [20]

$$\text{Operational Risk Capital} = \text{Business Indicator Component} \times \text{Internal Loss Multiplier} \quad (7)$$



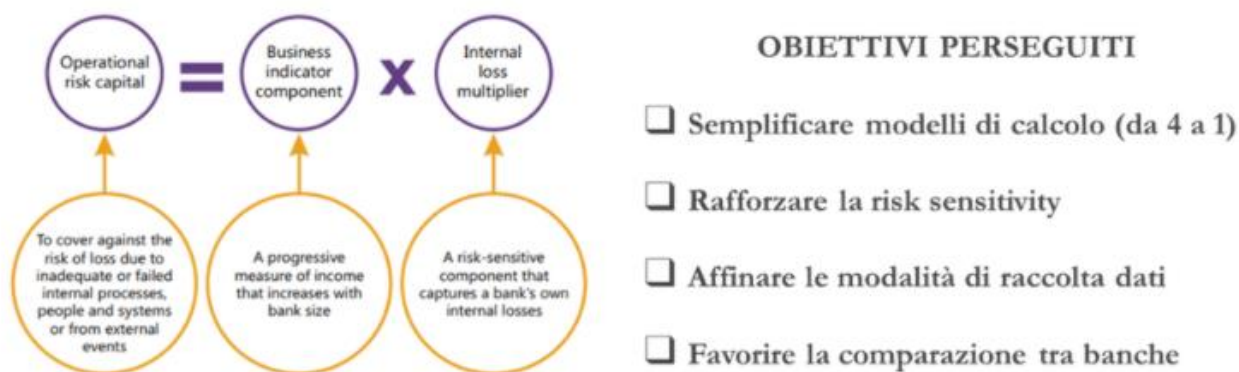


Figura 8 - Nuovo modello di calcolo del requisito patrimoniale

Le due componenti fondamentali per il **calcolo del requisito** per il rischio operativo sono:

- il **Business Indicator Component (BIC)**, calcolato come prodotto tra il valore del **Business Indicator (BI)** e un coefficiente beta graduato in funzione dell'importo del BI;
- l'**Internal Loss Multiplier (ILM)**, fattore di scala che tiene conto delle perdite operative registrate nel tempo dalla banca.

In particolare, il **Business Indicator (BI)** è dato dalla somma di tre componenti:

- Interessi (inclusi quelli da leasing) e dividendi;
- La componente di servizi (SC);
- La componente finanziaria (FC) sulla media degli ultimi tre anni.

Per calcolare il **BIC**, il valore del BI è assegnato a tre *gruppi* di importo con conseguente applicazione di un coefficiente marginale, come mostrato nella figura seguente.

Bucket	BI range (in € mld)	BI coefficiente marginale
1	≤1	12%
2	1 < BI ≤ 30	15%
3	>30	18%

Figura 9 - Coefficienti marginali per Gruppo di importo

Il coefficiente marginale viene applicato su scaglioni di importo crescente del BI.

Le perdite vengono invece calcolate con l'**Internal Loss Multiplier (ILM)** definito come:

$$ILM = \ln \left( \exp(1) - 1 + \left( \frac{LC}{BIC} \right)^{0.8} \right) \quad (8)$$

dove la componente di perdita (LC) è basata sulle perdite medie annue registrate per rischi operativi negli ultimi 10 anni. L'ILM è uguale a uno quando le componenti dell'indicatore di perdita (LC) e di business (BIC) sono uguali. Qualora la LC sia maggiore del BIC, ILM è maggiore di uno e pertanto la banca è tenuta a detenere un capitale più elevato a causa dell'inclusione delle perdite interne nella metodologia di calcolo. Per contro, laddove LC sia inferiore al BIC, il fattore di scala ILM risulta inferiore a uno riducendo l'assorbimento patrimoniale per il rischio operativo.

Il fattore "LC" implica che le banche devono necessariamente essere in possesso di dati storici attendibili riguardanti le perdite operative del lasso temporale di riferimento. Nell'implementazione del nuovo criterio di calcolo è possibile che la finestra temporale di registrazione delle perdite venga portata a 5 anni (rispetto ai 10 richiesti) laddove non siano disponibili dati di elevata qualità per durate maggiori. [21]

Le banche possono richiedere all'Autorità di escludere alcuni eventi di perdita registrati in passato a seguito della dismissione di alcuni rami di attività o in quanto non riflettono più l'esposizione al rischio. Spetta alle Autorità di vigilanza fissare una soglia di rilevanza degli eventi (ad esempio, 5% delle perdite medie della banca) e un periodo minimo di permanenza nella serie storica prima della loro rimozione (ad es. tre anni).

La nuova disciplina richiede anche il rispetto di **stringenti requisiti di trasparenza**, specie per le banche con BI superiore al miliardo di euro, in modo che sia data una compiuta informativa circa le perdite registrate nei 10 anni precedenti, fornendo il dettaglio degli importi al lordo e al netto dei recuperi e delle esclusioni concesse dall'Autorità. [22]

Come si può notare la trattazione può essere complessa nei calcoli e certamente non si può pensare che le aziende applichino un criterio del genere, ma questo excursus vuole porre l'attenzione sull'importanza del rischio operativo, ribadendo come sia necessario *in ogni ambito* studiare una strategia adeguata al fine di coprirsi da tale rischio.

## 5 L'azienda Farmaceutici PROCEMSA

La Farmaceutici PROCEMSA S.p.A. sviluppa e produce integratori alimentari, dispositivi medici e cosmetici per conto terzi, in tutte le forme solide e liquide. L'obiettivo aziendale è guidare il lavoro rispondendo alle esigenze dei clienti in tutto il mondo, attraverso passione, ricerca e sviluppo continui. Si configura come una realtà in continuo miglioramento, col "desiderio di fare sempre meglio dopo anni di esperienza in questi campi". [23]

L'azienda viene fondata a Torino nel 1939 e fin da subito si dedica alla produzione di specialità farmaceutiche. Perseguendo l'intento di innovarsi e di beneficiare delle sempre più moderne tecnologie, si è trasformata negli anni consolidando la propria cultura industriale, in un contesto geografico che ne ha favorito la crescita.

Oggi Farmaceutici Procemsa vanta tre moderni stabilimenti produttivi nel comune di Nichelino, uno staff di oltre 115 persone, clienti in tutto il mondo nei settori medicale, cosmetico, alimentare e nutrizionale.



Figura 10 - Dati su Farmaceutici Procemsa

Nel corso degli ultimi 5 anni (2016-2020) l'azienda ha conosciuto una consistente espansione specialmente nei mercati internazionali, che ha portato al giorno d'oggi ad un fatturato di oltre 30 milioni di euro, con un EBITDA di circa 7 milioni di euro. [24] Questa espansione trova le basi in una politica aziendale che mira all'accrescimento di quote di mercato all'estero, potendo contare su una capacità produttiva adeguata al soddisfacimento della crescente richiesta di prodotto.

### 5.1 I prodotti

#### 5.1.1 Integratori alimentari

La quota preponderante della produzione è costituita dagli integratori alimentari. Questi vengono completamente sviluppati e progettati all'interno della Ricerca e sviluppo, nei cui laboratori si mettono a punto le formule più performanti per garantire efficacia, sicurezza e gradevolezza.

Procemsa vanta una pluridecennale esperienza nell'uso e selezione degli estratti vegetali ed in generale le materie prime vengono selezionate per garantire la massima qualità.

L'azienda è specializzata nella produzione di integratori alimentari in tutte le forme farmaceutiche, sfruttando diverse piattaforme tecnologiche brevettate per garantire la continua innovazione del prodotto. In particolare, la gamma si articola in:

- Integratori alimentari a base di estratti vegetali e derivati, prodotti apistici (propoli, pappa reale, miele, polline);
- Integratori alimentari a base di vitamine, sali minerali, metalli ed oligoelementi;
- Integratori alimentari a base di macro e micronutrienti;
- Integratori alimentari a base di carbone vegetale;
- Integratori alimentari destinati alla fascia di età 0-3 anni.

#### 5.1.2 Probiotici

Nel 2011, all'interno dello stabilimento di Via Vernea, viene aperta l'unità produttiva dei Probiotici. Questo genere di prodotto richiede una notevole attenzione, motivo per il quale i probiotici vengono sviluppati in un'area appositamente attrezzata del laboratorio di ricerca e sviluppo e prodotti integralmente in uno stabilimento completamente indipendente da tutte le altre produzioni alimentari, per garantire alti livelli di sicurezza e di efficacia.

Nei locali adibiti alla produzione vengono rispettati i più alti standard di pulizia e qualità dell'aria, oltre a monitorare costantemente pressione, temperatura e umidità relativa in tutte le aree.

#### 5.1.3 Dispositivi medici

In tutti gli stabilimenti vengono sviluppati e prodotti medical devices in tutte le classi. L'azienda è specializzata particolarmente nella produzione di preparati per il trattamento delle mucose oronasali, disponendo di sei prodotti in classe IIa:

- Medical device classe IIa afte gel adulti;
- Medical device classe IIa afte gel junior;
- Medical device classe IIA afte gel baby;
- Medical device classe IIa afte spray;

- Medical device classe IIa collutorio;
- Medical device classe IIa gel per la dentizione dai 6 mesi di età;
- Medical device classe IIa stick orosolubili per il reflusso gastroesofageo.

#### 5.1.4 Cosmetici

In un'area dedicata dello stabilimento di via Mentana, vengono prodotte diverse tipologie di cosmetici:

- Emulsioni fluide in tubo
- Creme da massaggio muscolare, defatiganti, in tubo
- Emulsioni in airless
- Detergenti
- Detergenti intimi
- Soluzioni e gel
- Collutori
- Spray

#### 5.1.5 Alimenti a fini medici speciali

La lunga tradizione nella produzione di prodotti alimentari di Procemsa ha permesso di orientare la ricerca anche allo sviluppo di alimenti speciali, alimenti fortificati e alimenti destinati a fini medici. In altre parole, alimenti funzionali che uniscano le caratteristiche organolettiche ottimali di un cibo alla funzionalità ed efficacia di un integratore alimentare.

## 5.2 Magazzini e produzione

L'azienda dispone di 9370 posti pallets in 2100 metri quadri totali di magazzini dedicati nei tre stabilimenti principali. Il nuovo Centro logistico, inaugurato nel 2020, è dotato delle più moderne tecnologie di stoccaggio e conservazione controllata, collegato allo stabilimento di via Vernea mediante un tunnel stradale sopraelevato automatizzato per il trasporto a/r dei pallets.



Figura 11 - Tunnel di collegamento al nuovo Centro Logistico di via Vernea

Dal punto di vista della produzione si può trovare un vasto assortimento nelle forme di prodotto, ognuna delle quali adattabile alle esigenze del cliente. Di seguito vengono elencate brevemente:

- **Polveri:** possono costituire delle miscele destinate a successive lavorazioni oppure prodotto finale fruibile al consumatore, in forma granulare, orosolubile o effervescente.
- **Liquidi:** si annoverano diversi prodotti, come soluzioni, sospensioni, sciroppi e oli.
- **Forme semisolide:** fra cui emulsioni, unguenti e gel.
- **Compresse:** la gamma spazia fra compresse masticabili e deglutibili, mono, bi e triplo strato, effervescenti e a rilascio ritardato, gastroresistenti e filmate. La produzione di compresse rappresenta una delle eccellenze all'interno di Procemsa.
- **Capsule:** possono avere differenti caratteristiche, da quelle in gelatina dura a quelle contenenti varie consistenze, ad esempio polveri, microgranuli e cronoidi.



seconda del prodotto in preparazione. La produzione di semilavorati in forma liquida avviene generalmente a caldo, ma alcune lavorazioni più delicate necessitano di temperature prossime a quella ambiente. Ogni lavorazione avviene in una sala dedicata per ogni prodotto, quindi generalmente ogni sala del reparto contiene un macchinario o al massimo due. Questo tipo di isolamento è molto importante in quanto garantisce che non ci siano rischi di contaminazione fra la lavorazione di un prodotto ed un altro. È in questo reparto che entrano in funzione i *granulatori*, le *comprimatrici* per le compresse, le *opercolatrici* per le capsule, i *mescolatori* per i prodotti liquidi. Fanno parte di questo reparto anche le lavorazioni successive che rendono il prodotto pronto al consumo, come ad esempio le *bassine* per la filmatura delle compresse.



Figura 13 - Produzione delle Capsule

L'output del reparto dei Semilavorati è quindi il prodotto vero e proprio che verrà assunto dal consumatore finale, sia esso in forma di compresse, di granulato/polvere o liquido. Il prodotto viene stoccato temporaneamente in cisterne che rispettano rigorosi standard di pulizia, in attesa di passare al successivo reparto. Si precisa che generalmente il Semilavorato non viene *conservato*, in quanto la produzione segue un flusso continuo, dalla pesata delle materie prime al confezionamento finale.

Lo step successivo è costituito dal passaggio al reparto del **Confezionamento Primario**, ovvero il confezionamento che è a contatto con il Semilavorato. Anche questo reparto è costituito da sale separate per ogni tipo di prodotto, generalmente più spaziose rispetto a quelle dei Semilavorati in quanto i macchinari sono più ingombranti. Nel Confezionamento Primario troviamo in funzione le *blisteratrici* per quanto riguarda il confezionamento delle compresse, le *imbustinatrici* per le polveri/granulati, le *riempitrici/tappatrici* per i liquidi. Questi macchinari avranno come input logicamente non solo il Semilavorato ma anche l'involucro che lo contiene.





Figura 14 - Imbustinatrice Linea Stick

Il flusso del Semilavorato non è continuo fra i due reparti, i prodotti vengono trasportati manualmente fra il primo e il secondo step, fatta eccezione per alcuni liquidi che possono essere trasportati mediante pompe dalla cisterna alla *tramoggia* dei macchinari del Confezionamento Primario.

Questo non accade invece nel passaggio al **Confezionamento Secondario**: fra Primario e Secondario c'è infatti un nastro trasportatore che sposta il prodotto. In questo reparto non è più necessario garantire la divisione in sale a seconda del prodotto, in quanto il Semilavorato è già sigillato nel primo confezionamento. Vi è però una separazione fisica fra Confezionamento Primario e Confezionamento Secondario, costituita da una vetrata o una parete, con piccoli varchi appositamente creati per consentire il passaggio del nastro trasportatore, unico elemento di continuità fra i reparti.

All'interno del Confezionamento Secondario i prodotti provenienti dal reparto precedente vengono confezionati in astucci, inscatolati nei cartoni e riposti infine nei pallet, che saranno destinati al magazzino prodotti finiti. Per i flaconi dei liquidi questo processo è anticipato dall'*etichettatura* del flacone. In questo reparto i macchinari principali sono le *astuciatrici*, che hanno come input il prodotto primariamente confezionato, l'astuccio appiattito e i prospetti informativi prepiegati.

Il compito della macchina è prelevare il prodotto, prelevare l'astuccio appiattito e creare la forma necessaria al contenimento del prodotto, inserire prodotto e prospetto nell'astuccio, chiudere l'astuccio ed espellerlo dalla macchina. A valle della macchina è immediatamente presente una bilancia che verifica il peso, se il prodotto non rientra nel range di peso ottimale viene scartato. Gli astucci passano quindi nella macchina successiva, l'*incartonatrice*, la quale preleva gli astucci e li

ripone nelle scatole di cartone fino al loro riempimento. La scatola viene sigillata e quindi riposta nel pallet da parte dell'operatore.



Figura 15 - Astucciatrice nel Confezionamento Secondario

In alcuni reparti possono non esserci questi ultimi passaggi automatizzati, ad esempio nei Probiotici, in quanto gli astucci hanno numerosi formati diversi fra loro. Un frequente cambio formato dell'astucciatrice, infatti, può risultare controproducente in termini di tempo, si preferisce quindi far svolgere questo compito agli operatori.

Il pallet viene quindi prelevato e condotto al magazzino, in attesa di essere consegnato al cliente.

#### 5.4 Codifica dei macchinari

Ogni macchinario, apparecchio, strumento o dispositivo all'interno dell'azienda è identificato con un codice univoco di 8 cifre (4 coppie) che permette di risalire subito a:

- Ubicazione della macchina;
- Reparto di appartenenza;
- Linea del reparto;
- Macchina della linea.

La prima coppia di cifre può variare da 01 a 05 e identifica l'ubicazione delle macchine nella seguente modalità:

- **01**: stabilimento di Via Vernea;

- **02**: stabilimento di Via Mentana;
- **03**: reparto Probiotici sito in Via Vernea;
- **04**: linea denominata 451 sita in via Vernea;
- **05**: reparto Cosmetici sito in via Mentana.

La successiva coppia di cifre indica a quale reparto dello stabilimento appartiene la macchina o l'apparecchio in oggetto:

- **10**: Semilavorati;
- **20**: Confezionamento Primario;
- **30**: Confezionamento Secondario.

La terza coppia di cifre identifica la linea di appartenenza del macchinario, queste cifre dipendono da quante linee sono presenti nello stabilimento, così come le ultime due cifre, che identificano il macchinario all'interno della linea.

Il codice è stampigliato su una targhetta, visibile nella seguente figura, e posta sulla parte frontale del macchinario per essere facilmente individuata.



Figura 16 - Targhetta identificativa con Codice macchinario

Dalla figura si può quindi riconoscere che il macchinario identificato col codice **01300505** è situato nello stabilimento di via Vernea, appartiene al reparto del Confezionamento Secondario, all'interno della linea 05 ed è il quinto macchinario della linea.

## 6 Stato dell'arte ed esame della linea di interesse

Ai fini di una maggiore comprensione della necessità di implementare una strategia diversa da quella attuale, si descrive lo stato dell'arte aziendale definendone punti di forza e criticità.

La politica manutentiva attualmente presente è quella adoperata da sempre in Farmaceutici Procemsa e si configura come manutenzione correttiva. Come ampiamente descritto nei capitoli precedenti, questa politica comporta la risoluzione del problema ovviando al guasto sul macchinario nel momento in cui esso si presenta, senza però considerare alcuna operazione manutentiva fra un guasto e il successivo.

Le motivazioni che hanno spinto l'azienda ad adottare questa politica risiedono nella storicità produttiva degli stabilimenti. Fino a circa 5 anni (2016) fa il livello di ordini pervenuti consentiva di pianificare la produzione negli stabilimenti mediante un doppio turno giornaliero, fatta eccezione per periodi di picco in cui era necessario aggiungere il terzo turno.

La gestione dei guasti, in questo modo, non incontrava troppe criticità. I guasti che permettevano comunque il funzionamento dei macchinari, a fronte di una ridotta capacità oraria, venivano gestiti nel turno di fermo della macchina. I guasti che invece comportavano il fermo produttivo venivano gestiti il più celermente possibile, compatibilmente col reperimento dei materiali necessari ad eliminare la problematica. L'alta qualità dei macchinari installati, unitamente ai servizi clienti celeri nella spedizione dei ricambi, ha reso questa politica particolarmente vincente, in quanto la risoluzione delle avarie non causava eccessivi problemi nella pianificazione della produzione che al massimo subiva dei lievi ritardi. Un altro aspetto fondamentale è che la politica a guasto ha consentito un consistente contenimento dei costi operativi.

L'espansione aziendale, specie nei mercati esteri, che ha conosciuto Procemsa negli ultimi anni ha incrementato notevolmente la domanda di prodotto, dovendo di conseguenza affrontare un innalzamento del ritmo produttivo a livelli più sostenuti. L'inserimento del terzo turno giornaliero su molte linee all'interno degli stabilimenti ha permesso da un lato di soddisfare la domanda, ma dall'altro ha sottoposto a maggiore stress impianti e macchinari. Inoltre, il turno che precedentemente era considerato di fermo da schedulazione, ed impiegato per eventuali interventi correttivi, attualmente viene considerato libero e quindi adibito a produzione.

Le problematiche sorte da questo cambiamento hanno trovato spazio in un aumento dei guasti per usura, un incremento dei fermi produttivi e riduzione dei tempi a disposizione per poter intervenire, problemi più rilevanti specialmente nelle macchine più datate.

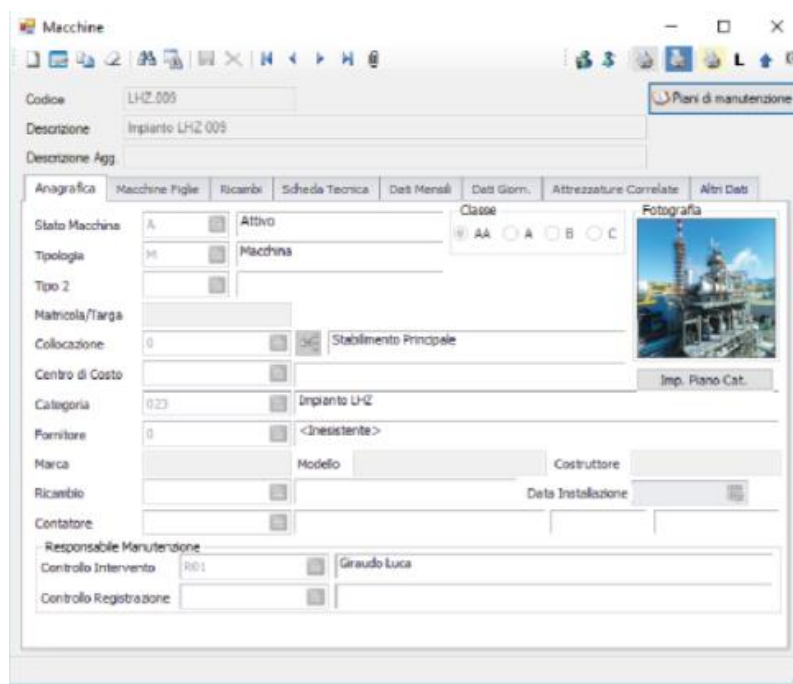
Tutto ciò ha indirizzato verso la considerazione di un nuovo approccio nei confronti della manutenzione e ad un'analisi di fattibilità economica per nuovi orizzonti operativi. In particolar modo, ci si è voluto prima di tutto avvalere dell'ausilio di un software dedicato che coadiuvasse l'ufficio tecnico nella gestione della manutenzione in tutti i suoi ambiti.

## 6.1 Il software Prometeo Manutenzione

Prometeo Manutenzione è un software per organizzare, programmare ed ottimizzare non solo la manutenzione delle macchine, ma anche quella di impianti ed edifici. Permette di tenere sotto osservazione costi e KPIs oltre a gestire il magazzino ricambi, è inoltre interfacciabile con applicazioni su mobile e può dialogare direttamente con impianti, ERP e MES, essendo ideato per l'industria 4.0.

### 6.1.1 Catalogazione delle macchine e Ordini di Manutenzione

**Prometeo** permette di catalogare impianti produttivi, servizi generali, strumenti, attrezzature e tutti i beni aziendali. Ogni elemento trova posto nella scheda macchina e può essere rappresentato graficamente attraverso un layout o una mappa.



The screenshot displays the 'Macchine' software interface. At the top, there's a title bar and a toolbar. Below that, the main form is titled 'Macchine' and contains the following fields and sections:

- Codice:** LHZ 005
- Descrizione:** Impianto LHZ 005
- Descrizione Agg:** (empty)
- Buttons:** 'Piani di manutenzione' (top right), 'Imp. Piano Cat.' (bottom right of the main form).
- Navigation Tabs:** Anagrafica (selected), Macchine Figlie, Ricambi, Scheda Tecnica, Dati Mensili, Dati Giorn., Attrezzature Correlate, Altri Dati.
- Form Fields:**
  - Stato Macchina:** A (dropdown), Attivo (checkbox)
  - Tipologia:** M (dropdown), Macchina (checkbox)
  - Classe:** AA (radio), A (radio), B (radio), C (radio)
  - Matricola/Targa:** (empty)
  - Collocazione:** 0 (dropdown), Stabilimento Principale (checkbox)
  - Centro di Costo:** (empty)
  - Categoria:** 023 (dropdown), Impianto LHZ (checkbox)
  - Fornitore:** 0 (dropdown), <Inesistente> (checkbox)
  - Marca:** (empty), **Modello:** (empty), **Costruttore:** (empty)
  - Ricambio:** (empty), **Data Installazione:** (empty)
  - Contatore:** (empty)
  - Responsabile Manutenzione:** (empty)
  - Controllo Intervento:** R01 (dropdown), Giraudo Luca (checkbox)
  - Controllo Registrazione:** (empty)
- Image:** 'Fotografia' section showing a photo of an industrial facility.

Figura 17 - Schermata esempio di una Scheda macchina

Un'apposita scheda ne specifica le caratteristiche tecniche e gli allegati permettono di centralizzare tutta la documentazione. Oltre a indicare la data di installazione, la matricola e la descrizione della macchina, è possibile anche indicarne lo stato, se in attività oppure obsoleto/rottamato.

L'albero macchine, sempre presente in ogni visualizzazione, permette di identificare puntualmente l'elemento da ricercare. I piani di lavoro ed i piani di manutenzione consentono di pianificare al meglio la periodicità della manutenzione preventiva e grazie alla checklist il manutentore può consultare nel dettaglio le attività da svolgere.

L'organizzazione delle macchine può avvenire attraverso un albero gerarchico a livello grafico, con i siti, gli stabilimenti, i loro reparti ed aree. È possibile inoltre dettagliare edifici, linee, impianti e macchine con svariati sottolivelli.

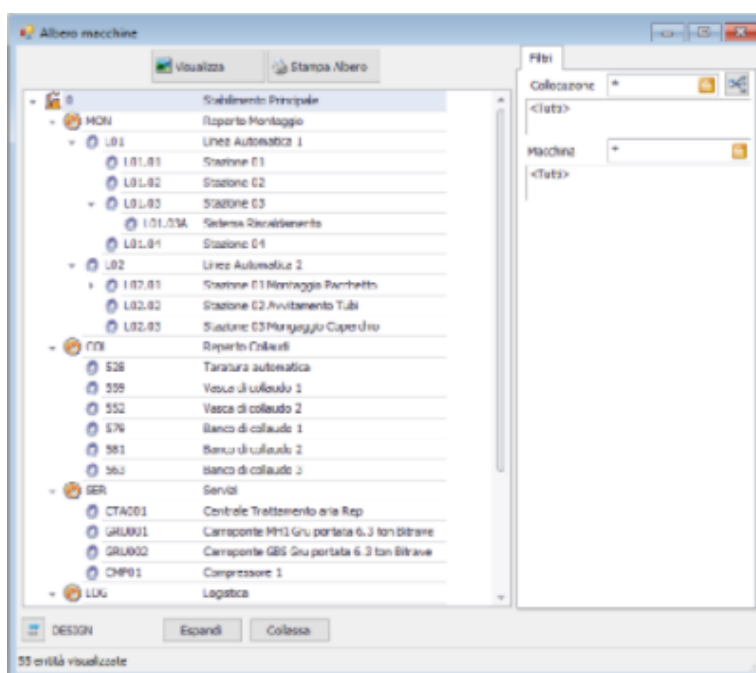


Figura 18 - Organizzazione dell'Albero macchine

È possibile definire i piani di manutenzione di ciascuna macchina indicando attività e frequenza (ciclica, stagionale o a contatore) con la quale dovrà essere effettuata. Si può impostare la checklist così come i ricambi previsti, i DPI e tutto ciò che è utile ai fini dell'attività manutentiva. I piani di manutenzione, così come gli ordini di manutenzione, hanno sempre un progressivo associato, in modo tale da essere richiamati al bisogno, o duplicati qualora un intervento simile sia necessario su un macchinario diverso.

Attraverso la piattaforma dedicata, si possono generare automaticamente tutti gli ordini di manutenzione (**ODM**) preventiva, gli ODM generati possono essere stampati tramite modelli di stampa personalizzabili.

È possibile aprire la segnalazione di un guasto indicando semplicemente la macchina ed il problema rilevato. Le attività da eseguire sono visualizzabili in vari formati: in una griglia ad elenco, in un calendario Gantt, nella postazione Manutentore, su un portale web o su dispositivo mobile. Quando viene registrato l'intervento, Prometeo propone i valori e i consumi previsti, i quali devono semplicemente essere confermati. La registrazione dell'intervento permette quindi di gestire i materiali utilizzati e decrementare di conseguenza la giacenza di magazzino. Tutte le informazioni registrate, vengono storicizzate con il numero progressivo citato precedentemente e possono essere visualizzate in vari formati e statistiche.

### 6.1.2 Catalogazione dei ricambi e Magazzino

Il modulo inerente alla ricambistica permette di gestire interamente i flussi del magazzino ricambi: dalla giacenza ai documenti di riordino, passando attraverso l'analisi del fabbisogno e delle scorte minime. Prometeo calcola il fabbisogno Ricambi analizzando: la giacenza di magazzino, la scorta minima, il lotto di riordino, i tempi di approvvigionamento, l'ordinato e l'impegno dei ricambi in funzione delle attività future da eseguire. Questa analisi porta alla generazione automatica di Richieste di Offerta (**RDO**) e Richieste d'Acquisto (**RDA**) che possono essere inviati via mail al fornitore o all'ufficio acquisti aziendale. È possibile, inoltre, interfacciarsi a ERP o a magazzini verticali.

L'anagrafica di un ricambio comprende: giacenza, scorta minima e ubicazione per ogni magazzino, listino acquisti, macchine su cui è previsto/montato, parametri tecnici e distinta base (assiemi). Ad ogni ricambio viene associato un codice che ne permette l'identificazione in prelievi, utilizzi ed inventari.

The screenshot shows a software window titled "Ricambi" with a standard Windows-style toolbar. The main area contains the following fields and options:

- Codice:** DT03
- Stato:** A (Attivo)
- Descrizione:** Elettrovalvola direzionale a tenuta 250 Bar, 25 l/min IP65
- Cat. Merceologica:** 003
- MATERIALE DLEDDINAMICO**
- Categoria:** |
- Tipo:** CRIT (Critico)
- Asieme:**
- Buttons:** PN, Via Acquisti, Insegnato, Equivalente, Matricole
- Tabbed Menu:** Dati generici (selected), Dati Acquisto, Note, Magazzini, Inventari, Macchine, Scheda Tecnica
- Fields:**
  - Unità di misura: PZ (Pezzi)
  - Magazzino Default: CEN (Magazzino Centrale)
  - Fornitore Tipico: 2 (RRS Rivendita Ricambi Speciali)
  - Voce Spesa: |
  - Genere: Materiale a giacenza
  - Ultimo Costo: 45, Costo Medio: 0
  - Costruttore: AXY
  - Codice a barre: 92834665712
  - Cod. Art. Costruttore: H725, Cespite: |
  - Cod. Art. Sostitutivo: |
  - Scadenza Garanzia: 14/04/2020, Giorni Approvvigion.: 5
  - Classe ABC: |
- Fotografia:** A small image of the electrovalve part.

Figura 19 - Schermata esempio di una Scheda Ricambio

È importante catalogare nella maniera ottimale ogni ricambio inserendo la giusta descrizione i giusti codici, per facilitarne la ricerca al bisogno e per favorire una corretta evasione dell'ordine al fornitore. Inoltre, un fattore molto importante è la possibilità di associare il ricambio a una o più macchine, in questo modo il vantaggio sarà duplice: il database del magazzino sarà automaticamente aggiornato in funzione di quante macchine necessitano di quel pezzo di ricambio e dalla scheda macchina sarà possibile visualizzare la lista di ricambi facenti parti del macchinario.

In base ai dati inseriti riguardanti macchine e ricambi, Prometeo calcola il fabbisogno Ricambi analizzando:

- La giacenza di magazzino;
- La scorta minima;
- Il lotto di riordino;
- I tempi di approvvigionamento;
- L'ordinato;
- L'impegno dei ricambi in funzione delle attività future da eseguire.

Questa analisi porta alla generazione automatica di documenti che possono essere inviati via mail al fornitore o all'ufficio acquisti aziendale.



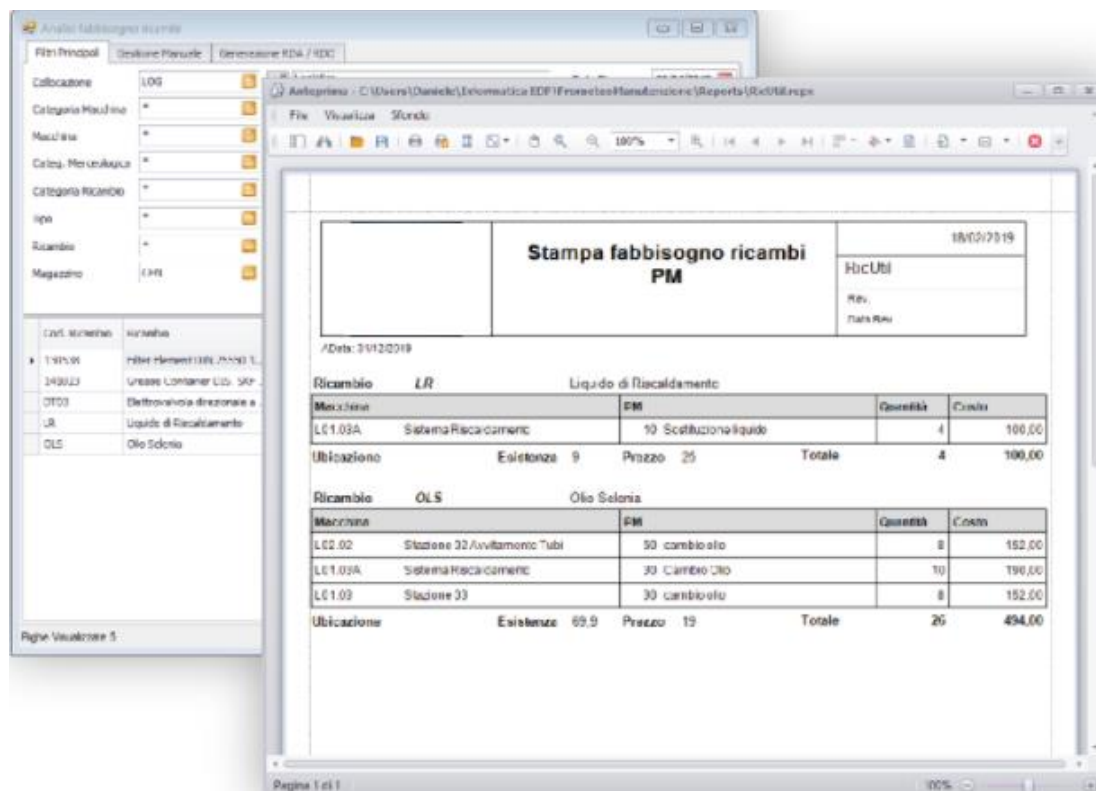


Figura 20 - Esempio di una stampa personalizzabile del Fabbisogno Ricambi

Durante la registrazione dell'intervento si possono indicare i ricambi utilizzati confermando quelli previsti da Piano, utilizzando quelli precedentemente prelevati o ancora da quelli previsti dalla macchina. Il software inoltre permette di registrare facilmente gli inventari tramite l'importazione di fogli Excel o leggendoli da barcode, anche tramite applicazione. [25]

## 6.2 Applicazione operativa

Come si può immaginare, Prometeo rappresenta un potente strumento nell'ottica del cambiamento della politica manutentiva. Le sue numerose funzionalità forniscono un ausilio importante nella gestione della manutenzione, sia essa preventiva o a guasto.

Il primo step per l'applicazione operativa del software è stato quello del popolamento del database: l'ufficio tecnico si è occupato di catalogare tutti i macchinari presenti in azienda e di creare l'albero macchine, suddividendo in 5 macrocategorie gli impianti in base alla loro ubicazione, con lo stesso principio di codifica visto nel paragrafo 5.4.

Oltre ad inserire tutte le macchine, è stato necessario inserire tutti i fornitori con gli estremi di contatto, in modo tale da poter sfruttare a pieno la capacità di Prometeo di indirizzare la Richiesta

d'Offerta direttamente al fornitore tipico. Una volta compiute queste operazioni è stato possibile utilizzare il software per tutte le pratiche ordinarie e straordinarie, in particolare per gli Ordini di Manutenzione e per le Richieste d'Offerta.

Nell'ambito del progetto formativo, la prima fase è stata proprio quella di proseguire il lavoro in questa direzione, inserendo tutti i ricambi delle macchine nel database del software. I ricambi sono stati individuati dai cataloghi, inseriti e associati alle rispettive macchine, distinguendo fra ricambi specifici per una determinata macchina, ricambi generici, quindi reperibili da diversi distributori, ricambi consumabili e ricambi critici. Questo lavoro nello specifico è stato prioritario per alcune macchine specifiche, considerate critiche.

La strategia individuata dall'Industrial Manager è tesa ad un passaggio graduale alla manutenzione preventiva globale negli stabilimenti. In un primo momento si vuole valutare l'investimento solo su alcune macchine il cui stato è fortemente problematico ai fini della produzione, l'intento è proprio quello di gestire inizialmente solo su queste una manutenzione preventiva, per aumentare la produttività media della linea cui il macchinario fa parte.

Essendo una valutazione, si è rivelato necessario fare una prima stima del materiale necessario per ovviare a reiterati problemi che ne pregiudicano il buon funzionamento, da qui procedere alla richiesta d'offerta per i ricambi necessari, al fine di valutarne il costo.

Durante il progetto formativo ci si è focalizzati su una linea in particolare, in quanto un macchinario critico determina problematiche che si ripercuotono sull'intera linea di produzione.

### 6.3 Linea Flacons Pluridose di via Vernea

La linea in esame è ubicata nello stabilimento di via Vernea, provvede al confezionamento di prodotto liquido all'interno di flaconi la cui capacità è superiore ad una singola dose, da cui il nominativo *pluridose*. La linea è adibita quindi a integratori liquidi, in particolar modo ad integratori multivitaminici, ma il suo utilizzo si rivela particolarmente versatile anche per altre tipologie di prodotto liquido.

All'interno della sala del confezionamento primario si trova la macchina riempitrice-tappatrice, da cui ha origine anche il nastro trasporto prodotto. Oltre al semilavorato liquido, in ingresso è presente un buffer contenitore per i flaconi vuoti, i flaconi vengono ordinati nel verso corretto, e tramite nastro condotti verso la macchina riempitrice, la quale dosa il giusto quantitativo di prodotto all'interno di 8 flaconi per volta.

I flaconi, dopo il processo di riempimento, vengono condotti alla tappatrice che si occupa dell'avvitamento del tappo e di conseguenza della sigillatura del flacone. Una volta avvenuto questo processo, i flaconi vengono trasportati col nastro nella sala attigua del confezionamento secondario.

All'interno del reparto di confezionamento secondario il primo passaggio avviene con l'etichettatrice che provvede ad incollare l'etichetta su ogni flacone, dopo questo passaggio i flaconi sono pronti per essere confezionati negli astucci e prima di entrare nell'astucciatrice vengono raccolti in un buffer circolare denominato *polmone*. Il buffer viene inserito per evitare interferenze nel ritmo delle varie macchine in serie, il polmone garantisce l'approvvigionamento di flaconi all'astucciatrice, la quale li preleva secondo il suo ritmo.

L'astucciatrice (a incastro per questa linea) a questo punto preleva i flaconi dal polmone, gli astucci appiattiti e i prospetti prepiegati dai rispettivi magazzini precedentemente riforniti dagli operatori, provvede alla formazione dell'astuccio, alla snervatura dei lembi e all'inserimento di flacone e prospetto nell'astuccio. In uscita l'astuccio viene chiuso ad incastro, numerato con i codici del lotto e della scadenza e inviato all'adiacente bilancia che ne verifica il peso. L'ultimo step è l'inscatolamento ad opera dell'incartonatrice.

La linea può lavorare con flaconi di diversi formati, nel momento in cui è previsto un cambio formato la linea deve essere predisposta con le dovute attrezzature, dalle guide nastri per il trasporto alla vite senza fine dell'etichettatrice, fino all'astucciatrice. Il cambio formato prevede sempre un necessario fermo di produzione, talvolta, a seconda dei formati, non tutte le macchine vengono

interessate dal ciclo produttivo. Vi sono, ad esempio, dei formati che prevedono il confezionamento in flaconi da 500 ml per i quali non è previsto l'utilizzo dell'astucciatrice, il confezionamento in astucci può non essere previsto dal packaging richiesto oppure la macchina può non supportare dei flaconi così grandi, in quest'ultimo caso se è previsto il confezionamento in astucci questo viene eseguito dagli operatori. Attualmente questa linea è operativa su due turni, ma a seconda degli ordini può coprire tre turni giornalieri lavorando quindi 24h/24.

Il macchinario critico presente in linea è l'**astucciatrice**, questo macchinario è stato installato nel 2005 ed ha subito interventi manutentivi solamente al presentarsi di guasti, in linea con la politica aziendale adottata. La macchina è mostrata nella figura seguente:

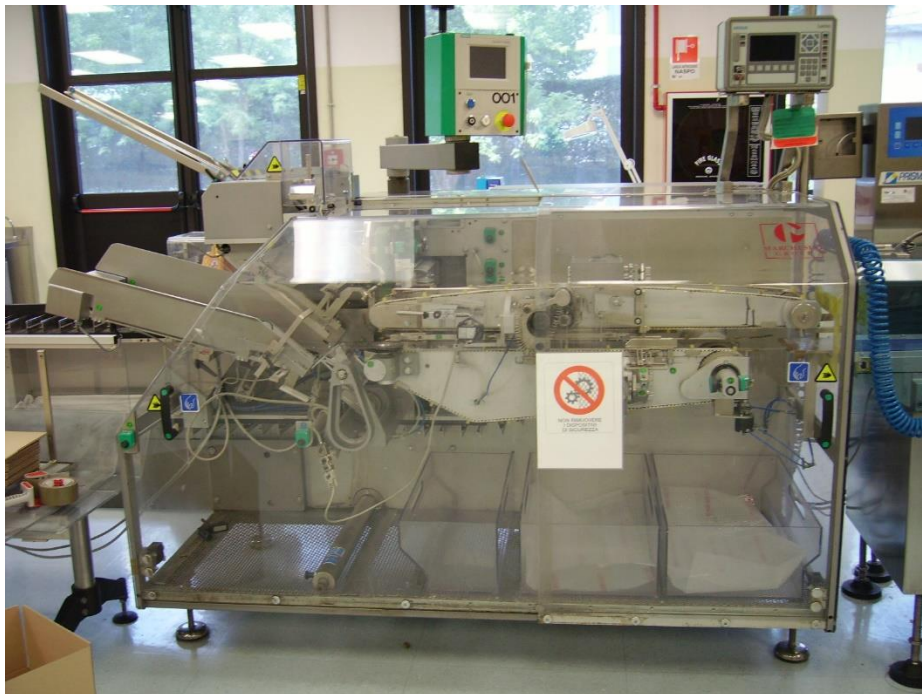


Figura 21 - Astucciatrice della linea Pluridose

Non essendoci a disposizione uno storico dei guasti riscontrati in virtù della politica adottata finora, si può fornire un'indicazione qualitativa e parzialmente quantitativa dell'incidenza dei guasti sulla produzione. Si potrà contare su dati relativi all'ultimo anno di esercizio, anche se l'ufficio tecnico segnala che ad ogni turno c'è almeno una richiesta di intervento di manutenzione per guasto sull'astucciatrice, sia esso di lieve entità che comporta una ridotta capacità di produzione, sia esso di importante entità che comporta il fermo della linea. Per fornire, quindi, un primo dato indicativo sulla linea, al momento si registra un MTBF inferiore o uguale alle 8 ore.

### 6.3.1 Condizioni attuali e dati riferiti all'anno 2020

Ai fini dell'elaborazione di considerazioni di varia natura è necessario fare un quadro sulla situazione attuale di partenza. Ogni linea ha dei parametri fondamentali che la contraddistinguono, uno di essi è la **produzione media per turno**. Questo parametro è calcolato a partire da dati reali storici degli anni precedenti ed è di fondamentale importanza ai fini della pianificazione di produzione, poiché permette di gestire al meglio l'utilizzo della linea in funzione degli ordini ricevuti. Inoltre, è un valido strumento di comparazione in quanto permette di confrontare i dati consuntivati in un certo periodo con i dati attesi in funzione della produzione media, e di conseguenza fornisce un'idea sulle performance della linea.

Nel caso della linea Pluridose, la produzione media storica per turno è di **6000 pezzi/turno**.

Nella tabella sottostante sono riportati i dati consuntivi della linea per l'intero anno 2020, dal 1° gennaio al 31 dicembre, su cui si potranno fare le prime valutazioni di partenza.

QUANTITÀ PRODOTTA	2 615 734 pezzi	
ORE IMPIEGO DELLA LINEA	4 346 h	
PRODUTTIVITÀ MEDIA ANNUALE PER TURNO	4815 pezzi/turno	
NUMERO ORE TOTALI DI FERMO IMPRODUTTIVO	306 h	
<i>Di cui ore fermo dovute a guasti meccanici</i>	220 h	71.9 % su totale
<i>Di cui ore fermo dovute a guasti elettrici</i>	77 h	25.3 % su totale
<i>Di cui ore fermo dovute a guasti pneumatici</i>	9 h	2.8 % su totale
% DI ORE FERMO TOTALI SU ORE IMPIEGATE	7.04 %	
NUMERO ORE FERMO DOVUTE ALL'ASTUCCIATRICE	214 h	70 % su tot fermi
% DI ORE FERMO ASTUCCIATRICE SU ORE IMPIEGATE	4.93 %	

Tabella 1 - Dati consuntivi dell'anno 2020

Il primo dato di estrema importanza da sottolineare è la **produttività media reale per turno** consuntivata per l'anno di riferimento: un dato di 4815 pezzi/turno paragonato ai 6000 pezzi per turno attesi vuol dire che rispetto ai dati attesi **si è registrato un -19.75 % rispetto alla produttività media storica**, in un solo anno. Si può anche notare come la gran parte dei fermi improduttivi sia dovuta all'astuciatrice, anche se la percentuale non è così rilevante rispetto al totale delle ore impiegate. Questo vuol dire che si sono registrati numerosi guasti che non hanno interrotto completamente la produzione, ma ne hanno causato un sensibile calo in termini di efficienza.

Attualmente, tenendo in considerazione nel complesso tutte le voci di costo operativo, di materie prime al netto del ricarico come margine di guadagno, il costo unitario è di **€ 0.2933** per ogni flacone prodotto su questa linea. Tale cifra per semplicità di trattazione verrà considerata come prezzo unitario proposto al cliente.

### 6.3.2 Obiettivi e valutazione d'investimento

In base ai dati di partenza forniti nel precedente paragrafo, l'obiettivo è sicuramente quello di migliorare le prestazioni della linea, incrementandone efficienza e affidabilità. Per quanto riguarda l'affidabilità si vuole operare al fine di ridurre del 90% le ore di fermo improduttivo, per ciò che riguarda l'efficienza si vuole sfruttare al massimo la potenzialità della linea produttiva.

Le considerazioni vanno fatte in relazione al macchinario che viene definito *di riferimento o master*, allo stato attuale il macchinario principale che detta il ritmo sull'intera linea è la macchina **riempitrice-tappatrice**. Nominalmente questa macchina è in grado di riempire 3000 pezzi/h, dovendo però stimare dei valori reali si considera come rendimento accettabile di linea il 70% della capacità nominale della macchina master. Di conseguenza, la **produttività target per turno** sarà calcolata come  $3000 \text{ pezzi/h} * 7 \text{ h (ore effettivamente operative in un turno)} * 70\%$ , da cui scaturisce il seguente risultato:

**PRODUTTIVITÀ TARGET = 14 700 pezzi/turno**

Per raggiungere questo obiettivo è necessario intervenire sulle criticità della linea, al fine di poter rispettare il ritmo dettato dalla riempitrice. Pertanto, avendo individuato l'astuciatrice come macchinario critico di linea, si dovrà intervenire proprio su quella macchina. Per completezza e veridicità è necessario aggiungere che anche l'etichettatrice attualmente presente impedisce che si innalzino i livelli di produttività, ma è stata già approvata e prevista la sua sostituzione con un macchinario nuovo e più efficiente, di conseguenza non verrà considerata come macchina critica e non sarà trattata all'interno della valutazione di investimento.

L'investimento principale consiste nel cosiddetto *Revamping* dell'astuciatrice, ovvero nel suo ammodernamento. Questo intervento comporta una revisione consistente del macchinario, andando a sostituire i componenti meccanici visibilmente usurati e quelli soggetti a continue e importanti sollecitazioni, ingrassare gli ingranaggi e serrare le viti. Oltre alla componentistica prettamente meccanica, è importante la verifica e l'eventuale sostituzione delle componenti

elettriche e pneumatiche. L'aspetto della sensoristica e dell'attuazione pneumatica, infatti, riveste un ruolo molto importante nel funzionamento di questi macchinari.

L'operazione preliminare è data da una prima ispezione sul posto a macchina ferma, ciò è necessario soprattutto per visionare le parti nascoste. Un secondo elemento fondamentale è reperire tutte le segnalazioni fatte dagli operatori, che spiegano le criticità durante il funzionamento della linea e permettono di poter intervenire in maniera mirata su un settore sofferente della macchina. Un terzo elemento è costituito dalle note e dalle considerazioni maturate durante i trascorsi interventi da parte dei manutentori che, intervenendo per ovviare ad una determinata avaria, si rendono conto della necessità di intervenire anche su altri settori.

Queste operazioni condotte sull'astuciatrice hanno permesso di stilare una lista di tutti i pezzi necessari al revamping dell'astuciatrice, la lista è stata quindi inviata al costruttore per richiedere la loro migliore offerta.

Unitamente alla redazione della lista per il revamping, è necessario individuare anche tutti i pezzi soggetti a particolare usura. Questa operazione, ad opera di tecnici e manutentori, è di fondamentale importanza per avere piena conoscenza del materiale da tenere a scorta in magazzino; in base all'esperienza delle risorse e alle condizioni di lavoro della macchina è possibile stimare di quale materiale si avrà bisogno e quando sarà necessaria la loro sostituzione.

Senza entrare nel dettaglio descrittivo della componentistica meccanica, gli elementi soggetti a stress operativo che saranno soggetti a maggiori sostituzioni sono stati individuati in:

- Cuscinetti sferici;
- Boccole e rondelle;
- Calettatori;
- Frizioni;
- Cinghie e catene.

Questi elementi sono ampiamente presenti nella lista del revamping, di conseguenza è possibile stimare in termini economici qual è il loro impatto. Inoltre, con buona approssimazione, si stima che questi ricambi debbano essere sostituiti con cadenza annuale o al massimo biennale. Ciò è il primo elemento da considerare ai fini di una manutenzione preventiva su questo macchinario, attuando una logica *push* e di conseguenza considerando di avere disponibilità a magazzino degli elementi più consumati.

Stimando la valorizzazione economica dei pezzi più consumati, inoltre, è possibile inserire il costo di giacenza e reintegro all'interno del calcolo del VAN dell'investimento, per poter consentire di valutare i dati considerando il costo della manutenzione preventiva su un orizzonte annuale.

### 6.3.3 Stima dei costi per materiali e risorse

Il costo della lista dei ricambi per il revamping ammonta a circa **€ 100 000**, quindi questa è la cifra necessaria per ammodernare l'astuciatrice dei soli materiali. La prima considerazione da fare è la seguente: almeno l'80% di questi ricambi è costituito da elementi soggetti a forte stress, proprio su questi si vuole applicare l'idea di manutenzione preventiva, prevedendo il loro ricambio totale almeno ogni 4 anni. Di questi pezzi però i più fragili richiederanno un ricambio più frequente, come ad esempio i cuscinetti o i nastri, per questo motivo si stima un costo medio annuale di materiali intorno ai **€ 20 000**, mentre ogni 4 anni, per considerare tutti i pezzi che nel frattempo si saranno usurati, si prevede una spesa di **€ 50 000**.

Alla luce di questa premessa è doveroso affrontare un secondo aspetto, ovvero la disposizione di risorse umane specializzate, i manutentori. In azienda sono operativi 6 manutentori che lavorano su turni, garantendo quindi una presenza costante per risolvere eventuali problemi che possono aver luogo ogni giorno, ad ogni ora del giorno. Vista la complessità e la numerosità di linee produttive ed impianti in generale fra i diversi siti dell'azienda, comprensibilmente i manutentori devono sostenere, allo stato attuale, una mole di lavoro non indifferente. Per questo motivo, sebbene le valutazioni che seguiranno faranno riferimento ad una sola linea, in alcuni fra i vari scenari descritti nei paragrafi successivi verrà inserito il costo per un eventuale risorsa aggiuntiva che potrebbe coadiuvare il lavoro dei manutentori già presenti in azienda. È doveroso però precisare che i risultati che seguiranno, inserendo la correzione del costo aggiuntivo del personale, andrebbero interpretati considerando che naturalmente la risorsa in più non si dedicherebbe esclusivamente ad una singola linea; essa aumenterebbe la disponibilità di figure tecniche specializzate nella manutenzione, rendendo fattibile l'attuazione del progetto di manutenzione preventiva sulla linea, oltre al lavoro ordinario a cui le risorse sono sottoposte.

Una terza considerazione va fatta sull'orizzonte temporale dell'investimento, il modello prevede un **orizzonte di 10 anni**. Questo perché nonostante i revamping, bisogna considerare che l'astuciatrice ha in ogni caso già 15 anni, e si prevede che a 25 anni concluda la sua vita utile.



Nei paragrafi che seguiranno verranno presentati diversi scenari, la variabile sarà la produttività media annuale ottenuta a seguito degli interventi manutentivi. In ogni scenario verranno presentati diversi indici e valori e verrà sempre confrontato l'investimento in esame con l'investimento per acquistare una nuova astuciatrice, il cui costo approssimativo ammonta a circa **€ 250 000**.

#### 6.3.4 Scenari di investimento

Elemento comune sarà la stringa delle uscite di cassa dovute all'acquisto dei materiali, come è già descritto precedentemente. La tabella che segue ne fornisce la descrizione nell'arco dei 10 anni.

Anno 0	Anno 1	Anno 2	Anno 3	Anno 4	Anno 5	Anno 6	Anno 7	Anno 8	Anno 9	Anno 10
€ 100 000	€ 20 000	€ 20 000	€ 20 000	€ 50 000	€ 20 000	€ 20 000	€ 20 000	€ 50 000	€ 20 000	€ 20 000

Tabella 2 - Uscite di cassa annue per acquisto materiale ricambio

La capacità economica attuale è calcolata moltiplicando il prezzo unitario per la produzione annua, in funzione della produttività media per turno di riferimento (6000 pezzi/turno). La capacità economica post manutenzione è calcolata invece moltiplicando il prezzo unitario per la produzione annua in funzione della nuova produttività per turno.

I margini netti sono stati calcolati considerando la percentuale di Utile/Ricavi ottenuta nel corso dell'anno 2018, pari al 12.03%. [26]

Per quanto riguarda il tasso utilizzato per calcolare i Valori Attuali Netti, è stato individuato il tasso dei BTP a 10 anni, pari al 3.5%.

#### 6.3.4.1 Scenario 1: 100% della produttività target, senza manutentore aggiuntivo

<b>PRODUTTIVITÀ PER TURNO ANNO 2020</b>	4 815	Pezzi/turno
<b>PRODUTTIVITÀ ATTESA PER TURNO</b>	14 700	Pezzi/turno
<b>RECUPERO % PRODUTTIVITÀ vs 2020</b>	205.30	%
<b>ORE DI FERMO ATTESE</b>	21	Ore
<b>RECUPERO % ORE IMPRODUTTIVE vs 2020</b>	90	%
<b>QUANTITÀ ANNUA ATTESA</b>	7 985 775	Pezzi
<b>CAPACITÀ ECONOMICA ATTUALE LINEA</b>	956 120	€
<b>CAPACITÀ ECONOMICA POST MANUTENZIONE</b>	2 342 491	€
<b>MARGINE LORDO ANNUO</b>	1 386 371	€
<b>MARGINE NETTO ANNUO</b>	166 780	€
<b>VAN</b>	1 035 546	€
<b>ROI</b>	328	%

Tabella 3 - Dati scenario 1 su revamping

Questo scenario rappresenta la condizione maggiormente auspicabile, ovvero quando l'investimento porta al massimo incremento possibile sulla produttività della linea, lavorando su revamping della macchina attualmente presente. Di seguito sono elencati i dati per l'acquisto di una nuova astuciatrice

<b>PRODUTTIVITÀ PER TURNO ANNO 2020</b>	4 815	Pezzi/turno
<b>PRODUTTIVITÀ ATTESA PER TURNO</b>	14 700	Pezzi/turno
<b>RECUPERO % PRODUTTIVITÀ vs 2020</b>	205.30	%
<b>ORE DI FERMO ATTESE</b>	21	Ore
<b>RECUPERO % ORE IMPRODUTTIVE vs 2020</b>	90	%
<b>QUANTITÀ ANNUA ATTESA</b>	7 985 775	Pezzi
<b>CAPACITÀ ECONOMICA ATTUALE LINEA</b>	956 120	€
<b>CAPACITÀ ECONOMICA POST MANUTENZIONE</b>	2 342 491	€
<b>MARGINE LORDO ANNUO</b>	1 386 371	€
<b>MARGINE NETTO ANNUO</b>	166 780	€
<b>VAN</b>	890 618	€
<b>ROI</b>	191	%

Tabella 4 - Dati scenario 1 su macchina nuova

Com'è prevedibile, l'investimento per l'acquisto di una nuova macchina comporta un maggiore investimento iniziale, a fronte degli stessi costi per applicare la manutenzione preventiva di anno in

anno. In questo modo si avrà sicuramente una macchina più affidabile, ma non si sfrutterebbe al massimo la vita utile della macchina attualmente presente.

Il VAN subisce un calo del 14% rispetto all'investimento sul revamping della macchina presente.

#### 6.3.4.2 Scenario 2: 100% della produttività target, con manutentore aggiuntivo

<b>PRODUTTIVITÀ PER TURNO ANNO 2020</b>	4 815	Pezzi/turno
<b>PRODUTTIVITÀ ATTESA PER TURNO</b>	14 700	Pezzi/turno
<b>RECUPERO % PRODUTTIVITÀ vs 2020</b>	205.30	%
<b>ORE DI FERMO ATTESE</b>	21	Ore
<b>RECUPERO % ORE IMPRODUTTIVE vs 2020</b>	90	%
<b>QUANTITÀ ANNUA ATTESA</b>	7 985 775	Pezzi
<b>CAPACITÀ ECONOMICA ATTUALE LINEA</b>	956 120	€
<b>CAPACITÀ ECONOMICA POST MANUTENZIONE</b>	2 342 491	€
<b>MARGINE LORDO ANNUO</b>	1 386 371	€
<b>MARGINE NETTO ANNUO</b>	166 780	€
<b>VAN</b>	633 777	€
<b>ROI</b>	87	%

Tabella 5 - Dati scenario 2 su revamping

Nel caso si contemplasse all'interno dell'investimento l'inserimento di una risorsa aggiuntiva l'indice di redditività cala, in virtù del costo maggiore. Il ROI passa all'87%, il VAN permane su un valore più che accettabile.

<b>PRODUTTIVITÀ PER TURNO ANNO 2020</b>	4 815	Pezzi/turno
<b>PRODUTTIVITÀ ATTESA PER TURNO</b>	14 700	Pezzi/turno
<b>RECUPERO % PRODUTTIVITÀ vs 2020</b>	205.30	%
<b>ORE DI FERMO ATTESE</b>	21	Ore
<b>RECUPERO % ORE IMPRODUTTIVE vs 2020</b>	90	%
<b>QUANTITÀ ANNUA ATTESA</b>	7 985 775	Pezzi
<b>CAPACITÀ ECONOMICA ATTUALE LINEA</b>	956 120	€
<b>CAPACITÀ ECONOMICA POST MANUTENZIONE</b>	2 342 491	€
<b>MARGINE LORDO ANNUO</b>	1 386 371	€
<b>MARGINE NETTO ANNUO</b>	166 780	€
<b>VAN</b>	488 850	€
<b>ROI</b>	50	%

Tabella 6 – Dati scenario 2 su macchina nuova

Valgono le stesse considerazioni dello scenario precedente, il VAN subisce un calo del 22.87%

#### 6.3.4.3 Scenario 3: 80% della produttività target, senza manutentore aggiuntivo

<b>PRODUTTIVITÀ PER TURNO ANNO 2020</b>	4 815	Pezzi/turno
<b>PRODUTTIVITÀ ATTESA PER TURNO</b>	11 760	Pezzi/turno
<b>RECUPERO % PRODUTTIVITÀ vs 2020</b>	144.24	%
<b>ORE DI FERMO ATTESE</b>	21	Ore
<b>RECUPERO % ORE IMPRODUTTIVE vs 2020</b>	90	%
<b>QUANTITÀ ANNUA ATTESA</b>	6 388 620	Pezzi
<b>CAPACITÀ ECONOMICA ATTUALE LINEA</b>	956 120	€
<b>CAPACITÀ ECONOMICA POST MANUTENZIONE</b>	1 873 993	€
<b>MARGINE LORDO ANNUO</b>	917 873	€
<b>MARGINE NETTO ANNUO</b>	110 420	€
<b>VAN</b>	582 669	€
<b>ROI</b>	185	%

Tabella 7 - Dati scenario 3 su revamping

In questo scenario abbiamo nuovamente un ROI spiccatamente elevato e un VAN che si attesta oltre i € 500 000 nonostante l'efficienza sulla linea sia pari all'80% delle sue potenzialità.

<b>PRODUTTIVITÀ PER TURNO ANNO 2020</b>	4 815	Pezzi/turno
<b>PRODUTTIVITÀ ATTESA PER TURNO</b>	11 760	Pezzi/turno
<b>RECUPERO % PRODUTTIVITÀ vs 2020</b>	144.24	%
<b>ORE DI FERMO ATTESE</b>	21	Ore
<b>RECUPERO % ORE IMPRODUTTIVE vs 2020</b>	90	%
<b>QUANTITÀ ANNUA ATTESA</b>	6 388 620	Pezzi
<b>CAPACITÀ ECONOMICA ATTUALE LINEA</b>	956 120	€
<b>CAPACITÀ ECONOMICA POST MANUTENZIONE</b>	1 873 993	€
<b>MARGINE LORDO ANNUO</b>	917 873	€
<b>MARGINE NETTO ANNUO</b>	110 420	€
<b>VAN</b>	437 742	€
<b>ROI</b>	94	%

Tabella 8 - Dati scenario 3 su macchina nuova

Il VAN aumenta progressivamente il suo divario in termini percentuali, subendo un calo del 24.87%.

#### 6.3.4.4 Scenario 4: 80% della produttività target, con manutentore aggiuntivo

<b>PRODUTTIVITÀ PER TURNO ANNO 2020</b>	4 815	Pezzi/turno
<b>PRODUTTIVITÀ ATTESA PER TURNO</b>	11 760	Pezzi/turno
<b>RECUPERO % PRODUTTIVITÀ vs 2020</b>	144.24	%
<b>ORE DI FERMO ATTESE</b>	21	Ore
<b>RECUPERO % ORE IMPRODUTTIVE vs 2020</b>	90	%
<b>QUANTITÀ ANNUA ATTESA</b>	6 388 620	Pezzi
<b>CAPACITÀ ECONOMICA ATTUALE LINEA</b>	956 120	€
<b>CAPACITÀ ECONOMICA POST MANUTENZIONE</b>	1 873 993	€
<b>MARGINE LORDO ANNUO</b>	917 873	€
<b>MARGINE NETTO ANNUO</b>	110 420	€
<b>VAN</b>	180 901	€
<b>ROI</b>	25	%

Tabella 9 - Dati scenario 4 su revamping

L'inserimento della risorsa, unitamente al calo della produttività incidono su VAN e ROI, quest'ultimo in particolare perde 160 punti percentuali rispetto allo stesso scenario senza manutentore aggiuntivo.

<b>PRODUTTIVITÀ PER TURNO ANNO 2020</b>	4 815	Pezzi/turno
<b>PRODUTTIVITÀ ATTESA PER TURNO</b>	11 760	Pezzi/turno
<b>RECUPERO % PRODUTTIVITÀ vs 2020</b>	144.24	%
<b>ORE DI FERMO ATTESE</b>	21	Ore
<b>RECUPERO % ORE IMPRODUTTIVE vs 2020</b>	90	%
<b>QUANTITÀ ANNUA ATTESA</b>	6 388 620	Pezzi
<b>CAPACITÀ ECONOMICA ATTUALE LINEA</b>	956 120	€
<b>CAPACITÀ ECONOMICA POST MANUTENZIONE</b>	1 873 993	€
<b>MARGINE LORDO ANNUO</b>	917 873	€
<b>MARGINE NETTO ANNUO</b>	110 420	€
<b>VAN</b>	35 974	€
<b>ROI</b>	4	%

Tabella 10 - Dati scenario 4 su macchina nuova

In questo caso, lo scarto fra i due VAN aumenta fino all'80.11%.

#### 6.3.4.5 Scenario 5: 60% della produttività target, senza manutentore aggiuntivo

<b>PRODUTTIVITÀ PER TURNO ANNO 2020</b>	4 815	Pezzi/turno
<b>PRODUTTIVITÀ ATTESA PER TURNO</b>	8 820	Pezzi/turno
<b>RECUPERO % PRODUTTIVITÀ vs 2020</b>	83.18	%
<b>ORE DI FERMO ATTESE</b>	21	Ore
<b>RECUPERO % ORE IMPRODUTTIVE vs 2020</b>	90	%
<b>QUANTITÀ ANNUA ATTESA</b>	4 791 465	Pezzi
<b>CAPACITÀ ECONOMICA ATTUALE LINEA</b>	956 120	€
<b>CAPACITÀ ECONOMICA POST MANUTENZIONE</b>	1 405 495	€
<b>MARGINE LORDO ANNUO</b>	917 873	€
<b>MARGINE NETTO ANNUO</b>	449 375	€
<b>VAN</b>	54 060	€
<b>ROI</b>	41	%

Tabella 11 - Dati scenario 5 su revamping

In questo scenario iniziamo ad assistere a cali più importanti negli indici di redditività, rispetto agli scenari precedenti. L'investimento però continua a rivelarsi vantaggioso.

PRODUTTIVITÀ PER TURNO ANNO 2020	4 815	Pezzi/turno
PRODUTTIVITÀ ATTESA PER TURNO	8 820	Pezzi/turno
RECUPERO % PRODUTTIVITÀ vs 2020	83.18	%
ORE DI FERMO ATTESE	21	Ore
RECUPERO % ORE IMPRODUTTIVE vs 2020	90	%
QUANTITÀ ANNUA ATTESA	4 791 465	Pezzi
CAPACITÀ ECONOMICA ATTUALE LINEA	956 120	€
CAPACITÀ ECONOMICA POST MANUTENZIONE	1 405 495	€
MARGINE LORDO ANNUO	917 873	€
MARGINE NETTO ANNUO	449 375	€
VAN	<b>-15 134</b>	€
ROI	<b>-3</b>	%

Tabella 12 - Dati scenario 5 su macchina nuova

Per la prima volta si trovano valori di VAN e ROI negativi, di conseguenza l'investimento su una macchina nuova che non riesce a garantire una produttività superiore al 60% rispetto al target provoca una **perdita**. Lo scarto fra i VAN si acuisce, il calo risulta essere del 111.66%

#### 6.3.4.6 Scenario 6: 60% della produttività target, con manutentore aggiuntivo

PRODUTTIVITÀ PER TURNO ANNO 2020	4 815	Pezzi/turno
PRODUTTIVITÀ ATTESA PER TURNO	8 820	Pezzi/turno
RECUPERO % PRODUTTIVITÀ vs 2020	83.18	%
ORE DI FERMO ATTESE	21	Ore
RECUPERO % ORE IMPRODUTTIVE vs 2020	90	%
QUANTITÀ ANNUA ATTESA	4 791 465	Pezzi
CAPACITÀ ECONOMICA ATTUALE LINEA	956 120	€
CAPACITÀ ECONOMICA POST MANUTENZIONE	1 405 495	€
MARGINE LORDO ANNUO	917 873	€
MARGINE NETTO ANNUO	449 375	€
VAN	<b>-271 975</b>	€
ROI	<b>-37</b>	%

Tabella 13 - Dati scenario 6 su revamping

In questo scenario l'aggiunta della risorsa rende inesorabilmente i valori negativi, rendendo l'investimento non redditizio.

<b>PRODUTTIVITÀ PER TURNO ANNO 2020</b>	4 815	Pezzi/turno
<b>PRODUTTIVITÀ ATTESA PER TURNO</b>	8 820	Pezzi/turno
<b>RECUPERO % PRODUTTIVITÀ vs 2020</b>	83.18	%
<b>ORE DI FERMO ATTESE</b>	21	Ore
<b>RECUPERO % ORE IMPRODUTTIVE vs 2020</b>	90	%
<b>QUANTITÀ ANNUA ATTESA</b>	4 791 465	Pezzi
<b>CAPACITÀ ECONOMICA ATTUALE LINEA</b>	956 120	€
<b>CAPACITÀ ECONOMICA POST MANUTENZIONE</b>	1 405 495	€
<b>MARGINE LORDO ANNUO</b>	917 873	€
<b>MARGINE NETTO ANNUO</b>	449 375	€
<b>VAN</b>	<b>-416 902</b>	€
<b>ROI</b>	<b>-47</b>	%

Tabella 14 - Dati scenario 6 su macchina nuova

Il VAN cala del 53.29%, i risultati sono logicamente in linea con le aspettative di peggioramento per l'investimento su nuovo macchinario. Lo scenario 6 si configura quindi come lo scenario peggiore, che fa registrare perdite sia su revamping, sia a maggior ragione su macchinario nuovo.



## 7 Conclusioni e possibili sviluppi futuri

Alla luce della trattazione e delle analisi svolte nel presente lavoro di tesi è possibile fare alcune considerazioni conclusive.

Sicuramente la considerazione principe del lavoro è che ogni cambiamento interno o esterno all'azienda comporta una rielaborazione delle strategie aziendali, al fine di essere sempre padroni delle vicende aziendali e prospettare nuove vie di crescita. Nel contesto specifico, l'aumento di produzione ha implicato la messa in discussione dell'attuale politica manutentiva: la politica a guasto si è rilevata insoddisfacente e ha causato un decremento nei livelli di produttività, sebbene questa abbia dei ridotti costi a livello globale.

L'idea della politica preventiva è nata quindi al fine non solo di evitare il decremento, ma di aumentare notevolmente i livelli di produttività della linea esaminata. L'investimento iniziale del revamping è necessario a riportare la macchina a livelli di efficienza accettabili, quello sulla manutenzione preventiva è necessario per tenere costanti nel tempo questi livelli.

Identificata la strategia operativa, a questo punto, si rende necessario fare delle considerazioni economiche sugli investimenti. L'analisi ha mostrato come gli investimenti, considerando o meno l'eventuale aggiunta di una risorsa tecnica, si possono considerare redditizi a patto però che non si scenda sotto determinati livelli di produttività attesi. L'analisi ha infatti mostrato come una produttività al 60% rispetto al target causi delle perdite anche consistenti.

Nel complesso, si può affermare che nel caso specifico si rende necessaria la manutenzione preventiva e che questa permetta di sfruttare a pieno l'intera vita utile del macchinario, posticipando in questo modo l'investimento sulla macchina nuova.

Un possibile sviluppo futuro potrebbe essere l'estensione dell'analisi su altre linee degli stabilimenti, in particolar modo quelle che registrano le criticità più consistenti. Agendo in questa direzione si va gradualmente a sostituire la filosofia tecnica nei confronti della manutenzione, avendo linee produttive più efficienti ma soprattutto avendo la capacità di limitare al minimo i fermi improvvisi dovuti a guasti, prevedendo la sostituzione anticipata dei ricambi più soggetti a stress.

Un altro tipo di analisi, soprattutto in questa prima fase, potrebbe essere anche quella di valutare un tipo di terziarizzazione della manutenzione, al fine di ponderare quale soluzione si riveli più efficace nell'allineamento fra risultati attesi e risultati consuntivati.

Per concludere, in appendice è presente un modello di processo implementabile in azienda e proposto dal candidato; contiene dei suggerimenti in particolare sulla gestione dei flussi informativi. Essendo un modello presenta delle criticità, individuate e opportunamente superabili con accorgimenti che un'applicazione sperimentale potrebbe mettere in luce.

# Appendice

## Proposta di procedura per pianificazione manutenzione preventiva

### Capitolo 1: Monitorare & Pianificare

1. Si richiede all'Operatore di linea di scrivere su un blocco note ad ogni fine turno informazioni riguardanti:
  - Problematiche riscontrate (dove, quando, che tipo)
  - Rumori/odori anomali
  - Temperature anomale

Un blocco note lascia l'operatore libero di esprimersi, rispetto ad una check list più fredda. Inoltre, è possibile cogliere diversi punti di vista su problematiche comuni, dall'interpretazione dei guasti a ipotetiche vie di risoluzione

2. Si richiede la consultazione di documenti inerenti alla produzione con informazioni su:
  - Effetti sulla produzione stimata: piano di produzione rispettato, si/no?  
Avendo a disposizione il file di scheduling che "detta i ritmi produttivi", è possibile reperire informazioni importanti circa le aspettative di produttività standard per linea o per prodotto. I documenti sono costantemente aggiornati per verificare gli avanzamenti produttivi e rischedulare la parte di pianificazione a livello superiore.
3. Tutte le informazioni citate vengono raccolte ed elaborate in Ufficio Tecnico, per PIANIFICARE gli interventi sulle macchine da parte dei Manutentori.

Vengono effettuati gli interventi sulla macchina da parte del manutentore in base ai problemi segnalati, si redigerà una lista dei pezzi che i tecnici ritengono vadano cambiati, anche in base ad altre usure riscontrate durante l'ispezione.

Quando?

- Se la macchina lavora su 1 o 2 turni, durante il turno di fermo.
- Se la macchina lavora su 3 turni pianificare fermo macchina per revisione; in questo caso si deve necessariamente condividere con il responsabile di pianificazione il fermo macchina per i tempi necessari a svolgere l'attività.

Gestione dell'imprevisto. Se il manutentore addetto alla revisione è chiamato a intervenire altrove si valuta:

- Se l'intervento richiesto < 10 minuti, ok
- Se l'intervento richiesto > 10 minuti, NO

Ciò non vale ovviamente in situazioni GRAVI/URGENTI/DI PERICOLO.

È necessario stabilire a priori una scala di priorità, dinamica anche a seconda del periodo. In determinati contesti può essere prioritario il rispetto preciso della produzione, in altri contesti invece può diventare prioritaria la risoluzione immediata dei guasti.

4. Elaborazione in Ufficio tecnico dei dati forniti dai manutentori sui pezzi di ricambio necessari:
  - Se sono presenti in magazzino li utilizzo e poi ordino per reintegrare il magazzino
  - Se non sono presenti, RDO per richiederli. Se sono già inseriti su Prometeo ok, altrimenti si inseriscono e poi parte l'ordine

PIANIFICAZIONE anticipata di almeno 30 giorni, per consentire ai manutentori di sapere con largo anticipo quando è schedato l'intervento e su quale macchina.

REVISIONE su ogni macchina: almeno una completa ogni mese.

Il MONITORING sullo stato di salute risulta in questo modo **continuo** grazie ai questionari, e **cadenzato** grazie alle revisioni programmate.

Necessario SENSIBILIZZARE le risorse interessate dalla procedura alla collaborazione nella fornitura dei dati richiesti. È importante fargli vivere la richiesta come una qualcosa a cui si dà seguito e li aiuta nell'attività di tutti i giorni.

Questa procedura consente una gestione intelligente del software Prometeo: vengono inseriti solo i pezzi di ricambio effettivamente necessari, senza inserire ricambi superflui che appesantiscono il sistema. Inoltre, i dati raccolti consentono di creare uno storico grazie al quale si può gestire meglio il magazzino ricambi.

## Capitolo 2: Critica al modello proposto

Punti 1 e 2:

- Mancanza di collaborazione degli operatori di linea nella compilazione del blocco note
- Mancanza di comprensione della motivazione e dell'utilità delle informazioni richieste
- Chi fornisce fisicamente il questionario e chi lo ritira per portarlo in ufficio tecnico?

Per poter risolvere questi problemi si potrebbe individuare una risorsa veicolo di informazione che si incarichi di richiedere personalmente i dati in esame alle risorse interessate. La procedura potrebbe essere considerata inutile e la compilazione del blocco note una perdita di tempo, soprattutto laddove ci sono già ritardi in produzione. Si potrebbero individuare due o tre macchine critiche di prova, la risorsa veicolo sarebbe incaricata di andare a reperire i dati raccolti a bordo linea.

#### Punto 3:

- I manutentori hanno numerose attività da portare a termine, devono essere disponibili per i guasti imprevisti, non vi sono risorse sufficienti per dedicarsi alla revisione completa della macchina, che potrebbe durare anche più di 3 ore
- Non è detto che durante il turno di fermo ci sia un manutentore libero in turno
- Difficile pianificare un fermo macchina se la richiesta di produzione è alta
- Difficile valutare quanto potrà durare un guasto imprevisto (se più o meno di 10 minuti)

La procedura richiede la disponibilità dei manutentori, bisogna tenere in conto che almeno due risorse siano dedicate esclusivamente a quel compito. La programmazione anticipata potrebbe risolvere questa problematica, facendo sapere alle risorse interessate dove e quando si richiederà il loro intervento. Per agevolare la revisione, si potrebbe gestire il piano di produzione in modo tale da far coincidere il turno di fermo con la disponibilità maggiore di manutentori.

#### Punto 4:

- Chi elabora i dati? Chi si occupa di registrare i ricambi su Prometeo?

Si individua una risorsa (che può essere la stessa risorsa veicolo che si occupa di richiedere le informazioni dei questionari) che elabori i dati raccolti e che gestisca la registrazione su software Prometeo, il controllo della disponibilità a magazzino e la successiva ordinazione dei pezzi mancanti.

## Conclusioni

La procedura è sicuramente una novità, non priva di falle e di criticità. Essendo una procedura che coinvolge svariate figure comporta dei costi aggiuntivi rispetto alla modalità con cui si opera attualmente, costi che possono essere visti come investimento con una rendita a lungo termine. Ciò

che emerge è che il flusso di informazione ha un ruolo importante, l'ideale sarebbe informatizzare la procedura, mettendo a disposizione dei tablet in linea che consentano di comunicare istantaneamente e direttamente le informazioni richieste all'ufficio tecnico.

Un altro aspetto cardine è rappresentato dal giudizio della procedura da parte degli operatori, il fine ultimo è agire nella direzione di prevenire i guasti anziché rimediare ad essi quando si manifestano. Il cambio di filosofia è radicale e importante, per questo sarebbe necessario investire nella sensibilizzazione, comunicando agli interessati in anticipo le finalità della procedura e ciò che viene richiesto se dovesse essere implementata.

Sarebbe ragionevole infine testare la procedura in via sperimentale su due o tre linee critiche, per capire cosa migliorare o cosa eliminare, ma soprattutto per verificare se il fine auspicato viene raggiunto o meno.

## Bibliografia

- [1] Delibera OCSE, 1963.
- [2] Panorama, 2017. [Online]. Available: <https://www.panorama.it/thyssenkrupp-torino-incendio-morti-7-operai-video-ricostruzione>.
- [3] UNI 9910 - Terminologia sulla fidatezza e sulla qualità del servizio, 1991.
- [4] A. Villa, Analisi di Sistemi di Produzione Industriale, Torino: CLUT, 2006.
- [5] L. Furlanetto, Manuale di Manutenzione degli Impianti Industriali, Milano: Franco Angeli, 1999.
- [6] D. Montgomery, Introduction to Statistical Quality Control, New York: J. Wiley, 2012.
- [7] V. D'Incognito, Progettare il sistema manutenzione, Milano: Franco Angeli, 1995.
- [8] I. M. Minati, «[www.2mservizi.com](http://www.2mservizi.com),» [Online].
- [9] R. K. Mobley, Plant Engineer's Handbook, Plant Engineering, 2001 .
- [10] R. K. Mobley, Maintenance Fundamentals, Elsevier Science & Technology, 2004.
- [11] A. (. I. P. N. Distruttive), Prove non distruttive, Collana PnD, Roma.
- [12] A. Jannaccone, «Analisi e riprogettazione della manutenzione tramite RCM,» Milano, 2015.
- [13] *Normativa UNI 10584 Manutenzione – Terminologia*, 2003.
- [14] C. Davide, «Analisi del Maintenance Business Model delle aziende metalmeccaniche,» Milano, 2015.
- [15] N. V., «Effective maintenance management,» Industrial press, 2011.
- [16] U. 11420, «Qualifica del Personale di Manutenzione».
- [17] «Basel II: framework, June 2006, BIS,» [Online]. Available: <https://www.bis.org/publ/bcbs128.htm>.

- [18] «Basilea III, dicembre 2010, BIS,» [Online]. Available: [https://www.bis.org/publ/bcbs189\\_it.pdf](https://www.bis.org/publ/bcbs189_it.pdf).
- [19] «Calculation of RWA for Operational Risk,» [Online]. Available: [https://www.bis.org/basel\\_framework/standard/OPE.htm](https://www.bis.org/basel_framework/standard/OPE.htm).
- [20] [Online]. Available: [https://www.bis.org/fsi/fsisummaries/oprisk\\_sa.htm](https://www.bis.org/fsi/fsisummaries/oprisk_sa.htm).
- [21] [Online]. Available: [https://www.bis.org/basel\\_framework/chapter/OPE/25.htm?inforce=20220101](https://www.bis.org/basel_framework/chapter/OPE/25.htm?inforce=20220101).
- [22] [Online]. Available: <https://www.riskcompliance.it/news/il-rischio-operativo-nel-nuovo-framework-di-basilea-iv/>.
- [23] [Online]. Available: [www.procemsa.it](http://www.procemsa.it).
- [24] [Online]. Available: <https://bebeez.it/2019/06/28/investindustrial-si-compra-gli-integratori-della-torinese-procemsa>.
- [25] [Online]. Available: <https://www.softwaremanutenzione.com/>.
- [26] [Online]. Available: <https://business.bigprofiles.it/company/7410740018>.



## Ringraziamenti

Sono giunto al termine di questo percorso che è stato senza dubbio di un'importanza indescrivibile, motivo per cui non posso non ringraziare tutte le persone che hanno reso possibile questo ulteriore tassello di crescita nella mia vita.

Vorrei innanzitutto ringraziare mia madre e mio fratello, senza il loro costante e incondizionato appoggio non avrei potuto neanche immaginare di intraprendere questo percorso. Consigli ed incoraggiamenti non sono mai mancati, così come le consolazioni nei momenti di sconforto. Auguro loro di vivere in felicità ogni giorno.

Ringrazio il mio relatore Franco Varetto, per la passione che ho percepito nei suoi corsi universitari e che hanno stimolato la mia curiosità riguardo il mondo finanziario, per la sua completa disponibilità durante il tirocinio e nella stesura della tesi. Ringrazio inoltre i miei tutor aziendali Luca Ravetti e Giuseppe De Nigris e l'azienda Procemsa per avermi permesso di svolgere il tirocinio e di avvicinarmi ad un ambiente aziendale strutturato, anche in periodi di pandemia.

Ringrazio i miei carissimi amici che da ogni parte del mondo hanno sempre fatto sentire la loro vicinanza, dagli amici in Sardegna, Rossella, Valentina, Andrea, Roberta e Marco, persone importanti fin da quando eravamo bambini, siamo cresciuti insieme e continuiamo a crescere ma sempre divertendoci e ridendo come sempre. Agli amici torinesi del Collettivo Occasionale Promiscuo, in particolare Francesca, Valentina, Nicolò, Igor e le due Chiare, per le condivisioni di momenti artistici di forte carica emotiva.

Ringrazio Erika per la compagnia, per le risate e per i confronti di cui abbiamo sempre fatto tesoro, Mattia, mio vicino di stanza in collegio e in casa con cui fra concerti e sport sono stati all'ordine del giorno, Francesca che da mio direttore e insegnante in palestra è diventata un'amica importante, e che insieme a Ivan e le bimbe mi hanno sempre fatto respirare aria di casa anche se la mia casa natale è a 600 km e un mare di distanza. Ringrazio Davide per avermi insegnato tanto della professione da PT e istruttore e per la fiducia nella responsabilità di insegnare a classi intere dopo poco tempo dagli studi e dalla formazione.

Ringrazio le mie suchke Alex, Francesco, Maria Luisa ed Ilaria, è incredibile come 10 anni di amicizia siano così solidi anche se ognuno di noi ha trovato posto in diverse nazioni. Ringrazio Chiara, Federica e Silvia, le gioie belle che costantemente mi ascoltano e mi lasciano sfogare, quasi sempre finendo a ridere della nostra stupidità quotidiana.

Ringrazio la Codebò per avermi dato fiducia nel propormi una mansione che mi sta piacendo davvero tanto, in particolar modo vorrei ringraziare i colleghi dell'ufficio tecnico Debora, Dario, Lara, Marco e Donato per dedicarmi così tanto tempo nella mia formazione, specialmente agli inizi.

Ringrazio tutta la mia grande famiglia in Sardegna, i miei zii, i miei cugini e mia Nonna Emanuela con zio Mario, per l'affetto che mi mostrano ogni volta che torno. Torno a ringraziare mia mamma, a cui ho dedicato questo lavoro di tesi, per la libertà di vivere e per l'amore che ci lega.

Ringrazio Raffaele, per avermi fatto innamorare e per starmi vicino quotidianamente, dono prezioso grazie al quale scopro ogni giorno la fortuna di sentirmi così amato e compreso.

Infine, ma non per meno importanza, ringrazio chi da lassù veglia costantemente su di me, mio padre, nonno Basilio, nonna Anna e nonno Angelo.

A tutti voi, uno sconfinato amore e un infinito grazie.