

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea Specialistica in
Ingegneria Meccanica



**IL VANTAGGIO COMPETITIVO DEI
MODELLI ORGANIZZATIVI E
GESTIONALI D'IMPRESA PER
L'INGEGNERIA DI MANUTENZIONE
WEB BASED DEGLI IMPIANTI
INDUSTRIALI**

Relatore: Prof. Marco GARETTI

Tesi di Laurea di:

Luigi Maria COLOMBO
Matr. 709412

Anno Accademico 2010 - 2011

INDICE

Sommario	3
Abstract	3
Premessa.....	5
1 Fattibilità dell'erogazione di un servizio di Web-Tutoring per l'Ingegneria di Manutenzione	8
1.1 Introduzione.....	8
1.2 Descrizione del tool informatico www.plamai.com.....	8
1.3 CMMS & www.plamai.com.....	11
1.3.1 Gestione degli impianti.....	11
1.3.2 Manutenzione programmata	12
1.3.3 Svolgimento e consuntivazione dei lavori di manutenzione....	15
1.3.4 Gestione dei Costi e dei Materiali (ricambi) di Manutenzione	17
1.3.5 Analisi statistiche.....	18
1.4 Il valore aggiunto del servizio MTM/plamai.....	23
1.5 Altri vantaggi del tool informatico plamai	25
1.6 L'importanza del Web Service di manutenzione	26
2 Il servizio MTM/Plamai in Politex.....	29
2.1 Presentazione del gruppo Freudenberg Politex	29
2.2 Il contesto produttivo Politex nel sito di Novedrate	30
2.3 Criticità del reparto lavaggio	31
2.4 Descrizione reparto lavaggio	31
2.5 Intervento dell'ingegneria di manutenzione con l'ausilio del tool informatico plamai	39
2.5.1 Situazione antecedente l'impiego del tool informatico plamai	39
2.5.2 Necessità manutenzione reparto lavaggio.....	41
2.5.3 Situazione seguente l'impiego del tool informatico plamai....	41
2.6 Analisi risultati	44
2.7 Analisi criticità	47
2.8 Sviluppi futuri.....	49
2.8.1 Gestione tradizionale degli impianti	49
2.8.2 Gestione avanzata degli impianti	50
3 Analisi Fmeca.....	52
3.1 Metodologia Fmeca	52

3.1.1	Introduzione	52
3.1.2	Analisi dei guasti.....	52
3.1.3	Definizione delle scale di criticità.....	54
3.1.4	Definizione delle priorità di intervento	54
3.2	Studio preliminare della fattibilità di investimento	56
3.2.1	Descrizione macchina	56
3.2.2	Criticità del cilindro di processo	57
3.2.3	Manutenzione effettuata sui cilindri di processo	57
3.2.4	Analisi di investimento	58
3.3	Proposta di miglioramento.....	62
3.3.1	Descrizione MAV 102 cilindro sfaldaballe	62
3.3.2	Manutenzione effettuata sul cilindro sfalda balle	63
3.3.3	Analisi di criticità del cilindro sfalda balle	63
3.3.4	Soluzione migliorativa proposta	65
4	Conclusioni.....	67
4.1	Aspetti positivi.....	67
4.2	Aspetti negativi.....	67
	Bibliografia	69

Sommario

Il presente lavoro di tesi nasce dalla mia collaborazione con l'ingegnere Maciga, della società di consulenza MTM S.r.l. e l'Ingegnere di Manutenzione della Politex, ditta specializzata nella produzione di nontessuti per guaine bituminose facente parte del gruppo Freudenberg Politex. Il problema principale di quest'ultima azienda era rappresentato dal fatto che nel reparto lavaggio, mancando una politica di manutenzione, si interveniva solo a guasto avvenuto. A partire dall'ottobre 2008, quindi, è stato introdotto un sistema informativo prodotto dalla società MTM che fornisce un innovativo servizio di Web-Tutoring per l'Ingegneria di Manutenzione.

Dopo aver descritto sia le principali caratteristiche di tale tool informatico sia i benefici che da esso possono derivare, sono stati analizzati i cambiamenti introdotti dallo stesso in Politex. Da essi risulta, in particolare, una netta diminuzione dei fermi impianto ed un conseguente miglioramento della produttività del reparto.

Infine, utilizzando i dati elaborati dal suddetto sistema informativo, si è proceduto ad un esempio pratico di analisi Fmeca per risolvere alcune delle concrete criticità dell'impianto.

Parole chiave: manutenzione, CMMS, plamai, Web-Tutoring Service

Abstract

This thesis is a fruit of my collaboration with Eng. Maciga, partner of MTM advisors, and the Maintenance Engineer of Politex, a company leader in polyester nonwovens that is part of the Freudenberg Politex Group. The main problem of this enterprise was that, since the washing plant lacked of a proper maintenance policy, operators had to intervene after breakdowns. For this reason, by October 2008 maintenance office has been provided with a computer management system that offers an innovative Web Tutoring Service.

After dealing with its main features, this thesis analyzes changes introduced by this software. In particular, it has shown an important decline in plant shutdowns and a consequent increase of productivity. Finally, this computer management system has been used to provide a Fmeca analysis in order to find a solution to specific criticisms of the plant.

Key Words: maintenance, CMMS, plamai, Web-Tutoring Service

Premessa

Il presente elaborato vuole essere un'analisi circa le implicazioni che comporta l'implementazione di un innovativo sistema informativo di manutenzione in un'azienda di piccole e medie dimensioni come è la Politex.

Nella prima parte sono stati descritti i moduli lavorativi del tool informatico e si è provveduto ad una comparazione tra le funzionalità consentite da un normale CMMS (Computer Maintenance Management System) e plamai. Particolare evidenza è stata posta sugli aspetti innovativi introdotti dal Servizio di Web-Tutoring che rispetto agli altri sistemi informativi di manutenzione in commercio fornisce un valido aiuto all'ingegneria di manutenzione. Infatti il servizio, a partire da un semplice elenco redatto dall'utente, elabora un piano di manutenzione preventiva per gli items. A completamento di questa sezione, si è infine evidenziato come le aziende stanno sempre più ricorrendo a tecnologie internet per i vantaggi in termini sia di integrazione con gli altri sistemi di gestione aziendali che di accessibilità che esse consentono.

Nella seconda parte si è concentrata l'attenzione sull'implementazione del tool informatico plamai nella ditta Politex e in particolare nel reparto lavaggio. Partendo dalla descrizione della situazione precedente l'introduzione di tale sistema informativo, sono stati analizzati i cambiamenti che il suo impiego ha comportato, evidenziando i benefici ottenuti soprattutto in termini di diminuzione dei fermi impianto. Infatti con l'introduzione di un piano di manutenzione preventiva è stato possibile allungare la vita utile delle macchine e programmare gli interventi per tempo conseguendo un miglioramento dell'affidabilità nel reparto lavaggio. In ultimo si è proposto l'introduzione della manutenzione predittiva (diagnostica strumentale) come possibile salto di qualità per mantenere elevata la competitività aziendale.

Nella terza e ultima parte è stato proposto un esempio di analisi Fmeca utilizzando i dati registrati nello storico dei guasti. Tale metodologia consente l'individuazione delle criticità presenti nell'impianto. Nel reparto lavaggio con le indicazioni fornite dal servizio MTM/plamai è stato possibile migliorare la situazione affidabilistica; permangono però delle situazioni problematiche in cui si è reso necessario l'intervento dell'Ingegneria di Manutenzione. Le macchine critiche presenti nel reparto lavaggio sono i due cilindri di processo e quello sfalda balle. Nel primo caso, dal momento che le macchine erano vicine all'esaurimento della loro vita utile, si è proceduto a determinare la convenienza della loro sostituzione con una valutazione di investimento; al contrario per il cilindro sfalda balle si è proposta una soluzione migliorativa di applicare un tendicatena, al fine di risolvere il problema delle vibrazioni causato dal moto discontinuo della trasmissione che ha provocato la rottura del riduttore.

Concludendo tale esperienza vuole mostrare che, in un mercato caratterizzato da una crescente competitività, l'attenzione alle voci che concorrono alla generazione del costo di un prodotto costituisce un passaggio obbligato al fine di garantire continuità al business delle aziende. Per impianti a ciclo continuo, caratterizzati da grossi investimenti in macchinari e attrezzature, il mantenimento dello stato di conservazione delle macchine rappresenta una parte di spesa tra le più importanti. La richiesta di flessibilità dei mercati non si può accompagnare con strutture verticistiche e antiquate e di conseguenza il management ha scelto di demandare all'esterno alcune attività non ritenute distintive per le proprie operations, tra le quali c'è proprio la gestione del Servizio di Manutenzione. La scelta è presa mirando a ottenere un livello di servizio superiore ad un prezzo inferiore. Il tool informatico plamai infatti, in un tale contesto, è in grado di assicurare una maggiore focalizzazione e progettualità nel campo della manutenzione con un minor costo complessivo del servizio.

1 Fattibilità dell'erogazione di un servizio di Web-Tutoring per l'Ingegneria di Manutenzione

1.1 Introduzione

Il software plamai è una risorsa innovativa di outsourcing della manutenzione fruibile via Web attraverso il portale www.plamai.com con l'obiettivo di affrontare tematiche legate alla gestione della manutenzione:

- Catalogazione e gestione degli Asset tecnico-produttivi,
- Pianificazione e controllo degli interventi di manutenzione,
- Programmazione degli Ordini di Lavoro (schedulazione, pianificazione e consuntivazione degli interventi di manutenzione),
- Registrazione degli interventi completa di analisi statistiche (diagrammi di Pareto),
- Miglioramento della gestione della manutenzione (analisi Fmeca).

1.2 Descrizione del tool informatico www.plamai.com

Il servizio MTM/plamai.com fornisce un percorso guidato a cui far riferimento per l'individuazione e lo sviluppo di una politica di manutenzione.

I profili di analisi a disposizione sono differenziati in base alle diverse tipologie e classi di informazioni fornite dal Servizio Manutenzione di Stabilimento.

I moduli offerti dal software (Figura 1.1) sono:

- **Asset Register Semplificato**: è sufficiente che l'utente definisca gli oggetti di manutenzione privi di un dettagliato livello di scomposizione e senza specifiche caratterizzazioni,
- **Piano di Manutenzione Semplificato**: sulla base dell'Asset Register Semplificato il servizio MTM/plamai.com sviluppa un piano di manutenzione "standard" con gli interventi di manutenzione preventiva necessari,
- **Asset Register Dettagliato**: oltre alla definizione degli oggetti di manutenzione l'utente deve strutturare la scomposizione secondo gerarchie funzionali e di processo,
- **Piano di Manutenzione Avanzato**: il piano base viene affinato e dettagliato secondo le informazioni fornite,

- **Maintainability + Support Service:** per ciascun ordine di lavoro vengono stimati i tempi di TOST (Tempo di Messa Fuori Servizio) e di BIST (Tempo di Rimessa in Servizio),
- **RAMS + RBI:** Reliability, Availability, Maintainability and Safety Analysis + Risk Based Inspection per lo sviluppo e l'ottimizzazione del piano di manutenzione,
- **Spare Parts + Special Tool:** a ciascun Ordine di Lavoro vengono associate le parti di ricambio e gli strumenti necessari per portare a termine l'attività di manutenzione programmata,
- **Downtime Evaluation + Scheduling:** il Piano di Manutenzione viene analizzato in un diagramma di Gantt per avere una visione complessiva ed esaustiva della sua fattibilità espressa in termini di risorse da impiegare e di disponibilità dell'impianto da garantire,
- **Workload:** per ciascun intervento il tool Informatico stima il Carico di Lavoro delle diverse specializzazioni del Servizio di Manutenzione in modo tale da facilitare l'individuazione dell'entità delle spese per ciascun centro di costo operativo.

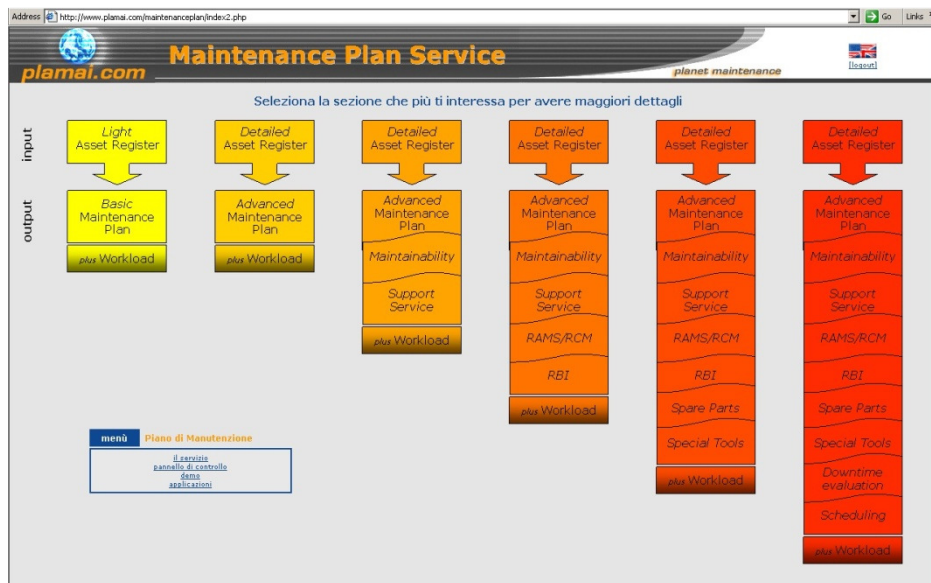


Figura 1.1 Servizi erogati da www.plamai.com

Il servizio così identificato può essere fruito in diversi modi attraverso le seguenti funzioni (Figura 1.2):

- **Naviga nell'Asset Register dell'Impianto:** selezionando un item dell'impianto è possibile leggerne i dettagli e analizzare i relativi Ordini di Lavoro,
- **Scarica il Report del Piano di Manutenzione:** consente di scaricare un file PDF contenente tutti gli Ordini di Lavoro relativi all'Asset Register dell'impianto,

- **Verifica il Carico di Lavoro:** valuta l'impatto delle attività di manutenzione preventiva dal punto di vista del Carico di Lavoro espresso in ore uomo. Questa funzione è utile per organizzare le squadre di manutenzione,
- **Pianifica il tuo Lavoro:** calendarizza le attività di manutenzione per ciascun item,
- **Registro degli Eventi di Manutenzione:** tiene traccia di tutti gli eventi di manutenzione dell'impianto in modo da estrarre i dati e le informazioni utili per il calcolo della disponibilità e dell'affidabilità degli item e quindi verificare l'efficacia del Piano di Manutenzione.

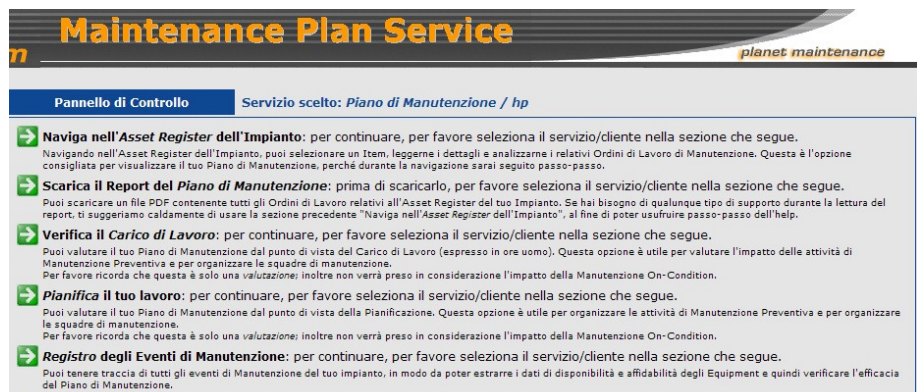


Figura 1.2 Pannello di controllo di www.plamai.com

1.3 CMMS & www.plamai.com

Per imprese con impianti produttivi risulta opportuno che le stesse si dotino di un Sistema Informativo che faciliti lo svolgimento delle attività di manutenzione. Il CMMS (Computer Maintenance Management System) è utilizzato per la gestione di tutte le attività di programmazione, coordinamento, registrazione e consuntivazione degli interventi di manutenzione. Inoltre rappresenta la base da cui parte l'analisi svolta dall'Ingegneria di Manutenzione.

1.3.1 Gestione degli impianti

Gli Asset non sono “beni statici”, ma evolvono e mutano nel tempo, perciò il Sistema Informativo di Manutenzione deve consentire la gestione delle informazioni utili a descrivere l'ambiente oggetto di manutenzione tramite un'anagrafica dell'impianto. Il processo di censimento deve essere effettuato secondo i seguenti passi:

- **Analisi e definizione dei beni tipo:** attività che richiede una buona conoscenza dei beni stessi per poterli suddividere in famiglie che abbiano caratteristiche simili,
- **Definizione degli attributi di ogni Asset:** si definiscono le caratteristiche dei beni anche con l'aiuto di manuali,
- **Definizione delle location degli Asset:** si tratta di suddividere lo spazio geografico occupato dagli equipment in spazi circoscritti di dimensioni adeguate a identificare opportunamente il bene,
- **Censimento degli equipment:** fase onerosa a seconda del livello di dettaglio che si vuole ottenere e al tempo stesso delicata perché un errore o un censimento incompleto può portare ad una popolazione errata o incompleta nel database,
- **Valutazione dello stato dell'equipment:** è opportuno valutare lo stato delle apparecchiature sia dal punto di vista manutentivo che della sua vita residua.

Nel tool informatico messo a disposizione da plamai l'anagrafica di impianto si visualizza nell'Asset Register. La logica secondo cui è stata individuata la strutturazione del catalogo degli oggetti è la divisione in livelli gerarchici:

- **Livello 1:** area dell'impianto (reparto),
- **Livello 2:** linea,
- **Livello 3:** item (inteso come macchina),
- **Livello 4:** componenti dell'item.

Ad ogni livello l'identificazione dell'oggetto è resa univoca mediante l'attribuzione di un codice e di una corrispondente descrizione che

individua la natura dell'intervento manutentivo da svolgere sull'oggetto (elettrico, meccanico, etc.). I dati, una volta trasmessi dall'utente al servizio MTM/plamai tramite la compilazione di un foglio Excel, vengono caricati sul sito dove è possibile individuare l'anagrafica di tutte le parti dell'impianto rappresentate con la classica struttura ad albero.

Di seguito in Figura 1.3 viene riportato un esempio di Asset Register con la strutturazione standard fornita dal servizio MTM/plamai.

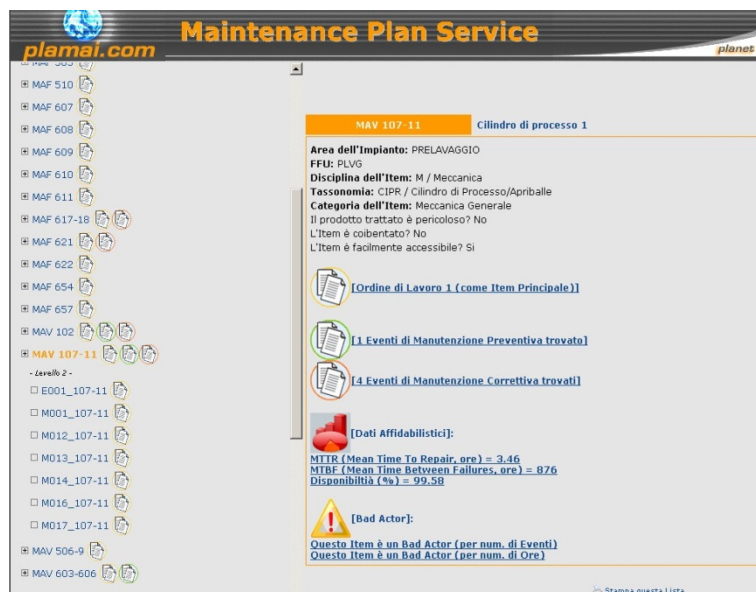


Figura 1.3 Asset Register

1.3.2 Manutenzione programmata

L'esecuzione di un lavoro programmato è più efficiente di quella di un lavoro non programmato in quanto consente una notevole riduzione dei tempi morti ed è quindi ragionevole affermare che la convenienza della programmazione del lavoro è direttamente proporzionale alla durata dell'intervento.

La manutenzione preventiva viene definita nei suoi elementi fondamentali nei piani pluriennali di manutenzione. Da ciò risulta che larga parte dei lavori sono ripetitivi, perciò è possibile la standardizzazione dei lavori di manutenzione. La formulazione degli standard di lavori consiste nel determinare le varie attività, la loro durata e successione nel tempo e assegnare a ciascuna di esse la tipologia e il numero di risorse necessarie.

Per comprendere meglio cosa significhi standardizzare è opportuno suddividere il processo di manutenzione nelle seguenti attività:

- **Ispezioni**: standardizzare le ispezioni significa determinare come e quando misurare un certo parametro e come correlare queste misure allo stato di salute della macchina,
- **Operazioni di manutenzione “quotidiana”**: si standardizzano le operazioni di pulizia e di set-up delle macchine,
- **Standard di lavoro**: la standardizzazione delle procedure di lavoro include metodi, tempi e risorse necessarie alle varie attività.

Una volta individuate le specialità esecutrici, occorre collocare nel tempo le varie attività in funzione della disponibilità di risorse rispetto ai tempi richiesti. Tale attività è definita schedulazione e genera il programma di manutenzione. La schedulazione delle attività di manutenzione si può suddividere secondo un approccio temporale in:

- **Schedulazione a lungo termine o pianificazione**: prevede un orizzonte temporale minimo di un mese fino ad un anno e permette di avere la visibilità delle attività critiche che devono essere pianificate per tempo con l'obiettivo di assicurare l'affidabilità degli impianti a lungo termine. Occorrerà quindi classificare i lavori in ordine di priorità e stimarne approssimativamente la durata in modo da rendere compatibili i piani manutentivi con quelli produttivi,
- **Schedulazione a breve termine o programmazione**: si basa sui programmi di manutenzione e sulla lista dei lavori per individuare le attività previste giornalmente e settimanalmente. Con un orizzonte temporale così breve si hanno a disposizione i risultati delle ispezioni e le richieste di piccole modifiche da parte della produzione, risulta quindi possibile schedulare lo svolgimento reale delle attività di manutenzione integrando così la pianificazione.

Sulla base delle informazioni fornite direttamente dall'utente con la compilazione dell'Asset Register, completo della descrizione delle macchine integrata dall'interpretazione delle informazioni contenute nei manuali di utilizzo e l'esperienza maturata in anni di attività svolta da esperti senior di manutenzione per diverse tipologie di impianto, il servizio MTM/plamai è già in grado di fornire una prima “bozza” del Piano di Manutenzione calendarizzato (Figura 1.4 e Figura 1.5) consultabile nella sezione Pianifica il Tuo Lavoro. Per ciascuna data viene allocato l'intervento corredato di attività, frequenza e ordine di lavoro con i dettagli delle procedure da svolgere compresa la messa in sicurezza della macchina. Con il passare del tempo e quindi la creazione di uno storico dei fermi e dei guasti, tale “bozza” sarà perfezionata e calibrata sulle specifiche esigenze di ciascun item. La preparazione dell'intervento avviene attraverso l'individuazione delle risorse da

impiegare: manodopera, materiali e prestazioni esterne. Il servizio MTM/plamai per tale scopo mette a disposizione nella sezione Valutazione del Carico di Lavoro un'analisi degli specialisti necessari per i corrispondenti interventi completata da una valutazione del Tempo di Messa Fuori Servizio, Tempo di Task Principale (intervento vero e proprio) e Tempo di Rimessa in Servizio (Figura 1.106). Tali informazioni sono utili per programmare le squadre di lavoro.

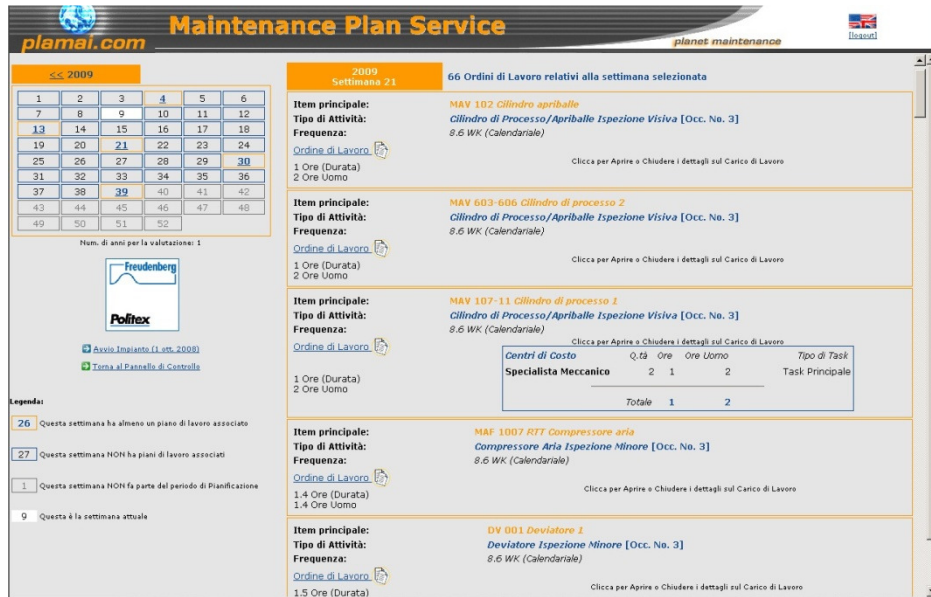


Figura 1.4 Calendarizzazione degli interventi di Manutenzione Preventiva

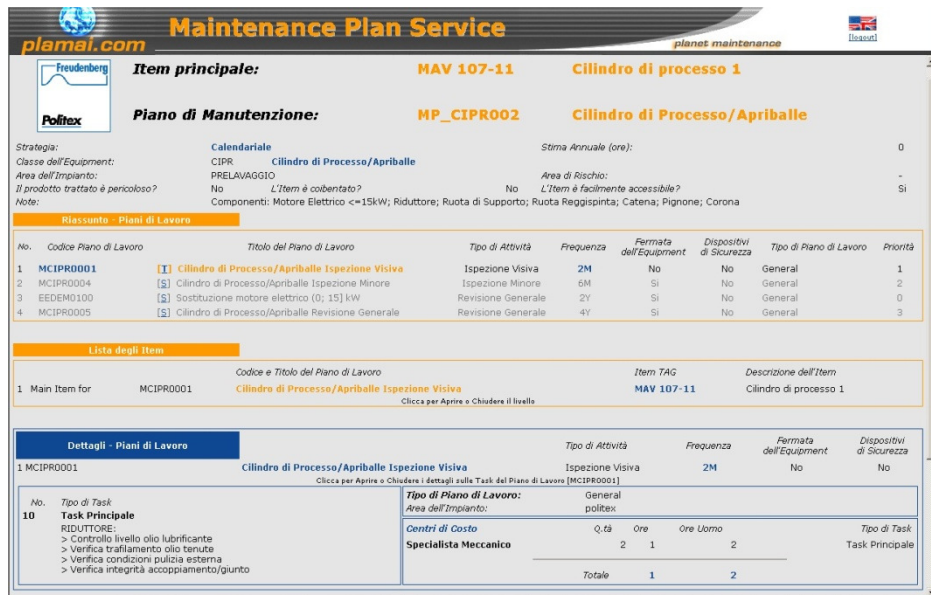


Figura 1.5 Piano di Manutenzione preventiva

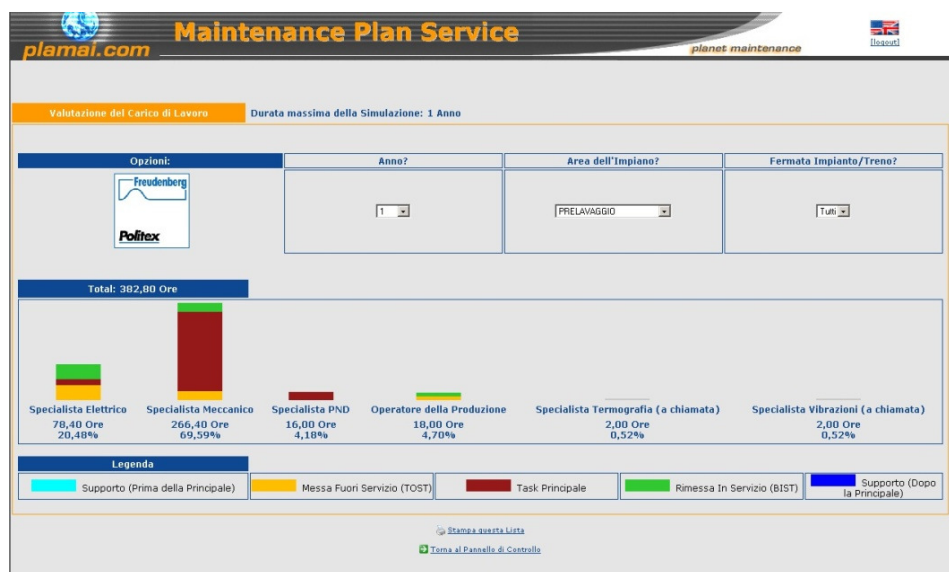


Figura 1.6 Valutazione del Carico di Lavoro

1.3.3 Svolgimento e consuntivazione dei lavori di manutenzione

Al momento richiesto vengono eseguite le attività necessarie per il ripristino dell'operatività dell'impianto.

L'esigenza di effettuare un intervento porta all'emissione di un Ordine di Lavoro che dopo essere stato eseguito deve essere registrato. La consuntivazione tecnica richiede la definizione della durata e della tipologia del fermo, componenti coinvolti e azioni di ripristino. Tale attività può essere effettuata da differenti figure in funzione dell'organizzazione aziendale (ingegnere di manutenzione, responsabile di squadra o manutentore stesso). Tutte le informazioni ottenute saranno inserite nello storico e contribuiranno a revisionare la pianificazione e se necessario lo standard di lavoro.

Il tool informatico plamai è provvisto dell'apposito Registro degli Eventi di Manutenzione (Figura 1.7) mediante il quale è resa possibile in maniera rapida e chiara la raccolta e la visualizzazione dei dati relativi all'intervento di manutenzione. È necessario da parte dell'utente la compilazione del report alla voce Aggiungi Evento di Manutenzione (Figura 1.8) che comprende le seguenti informazioni:

- Area dell'impianto,
- Item TAG (macchina coinvolta),
- Sub Item TAG (componente coinvolto),
- Data dell'Evento,
- Tipo di Evento (distinzione tra manutenzione preventiva e correttiva),
- Descrizione Evento,
- Causa del guasto (solo in caso di manutenzione correttiva),

- Effetto del guasto (solo in caso di manutenzione correttiva),
- Ore Manutentore,
- Note (per la segnalazione di eventuali problematiche riscontrate durante il guasto).

A tale attività è necessario dedicare la dovuta attenzione e precisione perché essa influenzerà le successive analisi ad opera dell'Ingegneria di Manutenzione.

Maintenance Plan Service
 Registro degli Interventi di Manutenzione 85 Eventi in Registro degli Interventi di Manutenzione

Ricerca: **Freudenberg** **Polifex**

Tipo di Evento: Manutenzione Correttiva
 Anno: Nessuno
 Mese: Scegli l'anno prima
 Area dell'impianto: PRELAVAGGIO
 Item TAG: MAY 107-11
 Effetto del Guasto: Nessuno

Azioni: Mostra tutti, Azzerata la Ricerca, Bad Actor (per num. di Eventi), Bad Actor (per num. di Ore), Aggiungi un Evento, Avvio Impianto

4 Eventi trovati

Area dell'Impianto	Item TAG	Sub Item TAG	Data dell'Evento	Tipo di Evento	Descrizione dell'Evento	Causa del Guasto/ Dettagli dell'Evento	Effetto del Guasto	Ore/ Manutentore	Aggiornamenti
PRELAVAGGIO	MAY 107-11 Cilindro di processo 1	-	9 ott. 2008	Manutenzione Correttiva	Fissaggio ruota reggispinta	Deragliamento a seguito di usura ruota	Nessun effetto	4,15 Ore Mageruca	Inserito da polifex Inserito il: 26 gen. 2009
PRELAVAGGIO	MAY 107-11 Cilindro di processo 1	-	15 ott. 2008	Manutenzione Correttiva	Ripristino termico; Cambio ruota	Rottura cuscinetto anteriore SX	Fermo produzione	1,7 Ore Trani	Inserito da polifex Inserito il: 26 gen. 2009
PRELAVAGGIO	MAY 107-11 Cilindro di processo 1	-	6 nov. 2008	Manutenzione Correttiva	Sostituzione ruota anteriore SX buratto	Infiltrazioni d'acqua nel cuscinetto	Nessun effetto	5 Ore Trani	Inserito da polifex Inserito il: 27 gen. 2009
PRELAVAGGIO	MAY 107-11 Cilindro di processo 1	-	25 nov. 2008	Manutenzione Correttiva	Sostituzione reggispinta	Deragliamento. Possibile perdita di livello in seguito alla tornitura della guida posteriore	Nessun effetto	3 Ore Perego	Inserito da polifex Inserito il: 2 feb. 2009

Figura 1.7 Registro degli Eventi di Manutenzione

Maintenance Plan Service
 Aggiungi un Evento

Area dell'impianto: **MAY 107-11**
 Item TAG: Scegli un Valore
 Sub Item TAG: Scegli Sub TAG
 Data dell'Evento: 15 / 11 / 2010
 Formato data: gg/mm/aaaa
 Tipo di Evento: Scegli un Valore
 Descrizione dell'Evento: Scegli un Tipo di Evento
 Causa del Guasto: Scegli un Tipo di Evento
 Effetto del Guasto: Scegli un Tipo di Evento
 Ore/ Manutentore: Scegli un Tipo di Evento
 Note:

Figura 1.8 Aggiungi Evento di Manutenzione

1.3.4 Gestione dei Costi e dei Materiali (ricambi) di Manutenzione

Un qualsiasi evento manutentivo evidenzia un consumo di risorse economiche verso degli Asset beneficiari. Lo strumento per il controllo economico della manutenzione è il Budget Tecnico-Economico che valorizza le varie attività.

Per valutare il costo della manutenzione è opportuno:

- Definire le aree di responsabilità chiamate centri di costo,
- Stabilire per ciascun centro l'ammontare di prodotto e di servizio effettuato in condizioni normali di funzionamento,
- Stabilire le pratiche operative standard per ottenere quel volume,
- Assegnare le risorse (manodopera, materiali e mezzi) per ottenere una unità di volume.

In funzione di questi parametri e dei volumi fissati si assegnano le risorse e si raccolgono periodicamente i dati consuntivati da confrontare con il budget di spesa preventivato. Attraverso l'analisi delle variazioni tra budget e consuntivo è possibile valutare l'andamento dell'attività. Infatti un aumento del costo della manutenzione, a parità di condizioni operative e di vetustà degli impianti produttivi costituisce una inefficienza che va ridotta con provvedimenti di natura tecnica ad opera dell'Ingegneria di Manutenzione.

La definizione del Budget di Manutenzione ha quindi la duplice finalità di controllare i costi e al contempo promuovere il miglioramento. Infatti gestire bene significa garantire la visibilità e tracciabilità degli eventi, delle risorse economiche e delle loro modalità di impiego al fine di valutare la coerenza tra impieghi di risorse e risultati ottenuti e migliorare il rapporto efficienza/efficacia delle attività svolte.

Strettamente collegato al Budget di Manutenzione è la Gestione dei Materiali di Manutenzione (ricambi di parti costituenti il bene da mantenere). L'obiettivo di una corretta gestione è quello di renderli disponibili nel momento in cui vengono richiesti, nelle quantità necessarie e al minimo costo globale. Infatti non si devono considerare solo i costi diretti dei materiali e della manodopera, ma anche i costi di mancanza dati dalle perdite di produzione.

Per gestire i ricambi la prima cosa da fare è operare una classificazione sulla base della rilevanza tecnologica. Poi si può procedere alla definizione delle politiche gestionali:

- **Gestione a magazzino:** si applica per tutti i materiali il cui consumo è statisticamente determinato (punto di riordino) e per quelli a basso indice di rotazione il cui uso è discontinuo e non prevedibile (reintegro a scorta),
- **Gestione a fabbisogno:** implica l'acquisto dei materiali necessari solo quando se ne prevede il loro utilizzo.

La Gestione dei Materiali di Manutenzione nel tool informatico plamai ha come obiettivo quello di identificare tutte le parti di ricambio necessarie per eseguire il Piano di Manutenzione Preventiva. Essa è inclusa nella Valutazione del Carico di Lavoro.

1.3.5 Analisi statistiche

L'analisi statistica costituisce il supporto fondamentale per l'ingegnere di manutenzione. Infatti i compiti che spettano all'Ingegneria di Manutenzione sono:

- Gestire le informazioni relative agli oggetti di manutenzione,
- Valutare quantitativamente affidabilità, disponibilità e manutenibilità impiantistica,
- Modellare il sistema da un punto di vista logico – affidabile,
- Valutare le criticità di un impianto,
- Analizzare i guasti.

al fine di ottenere il miglioramento continuo del Servizio di Manutenzione.

L'analisi statistica ha il compito di fornire i valori numerici di riferimento che sintetizzano il comportamento a guasto dei componenti del sistema in analisi. Essa è basata sulla Teoria dell'Affidabilità che comprende il calcolo di affidabilità, disponibilità e manutenibilità impiantistica .

1.3.5.1 Affidabilità

L'affidabilità viene definita nella norma UNI EN 13306 come "l'attitudine di un'entità a svolgere una funzione richiesta in date condizioni durante un intervallo di tempo stabilito".

Il principale indice di misura dell' affidabilità è il MTBF (Mean Time Between Failure) che esprime la media dei tempi intercorsi tra la fine di un'avaria e l'inizio di una nuova.

L'analisi dell'affidabilità si basa sullo studio dell'andamento del tasso di guasto che consente di caratterizzare la propensione al guasto di un'entità sopravvissuta fino ad un determinato istante di tempo.

Il tasso di guasto, per la maggior parte dei componenti, assume una forma definita a "vasca da bagno" (Figura 1.9) in cui si possono distinguere tra fasi separate come si vede in figura:

- **Fase di Mortalità Infantile:** periodo iniziale di rodaggio in cui i componenti deboli vengono individuati e sostituiti perciò l'andamento è decrescente,

- **Fase di Vita Utile:** il tasso di guasto si mantiene costante nel tempo, infatti i guasti avvengono nella stessa quantità per un periodo di tempo,
- **Fase di Usura:** corrisponde ad un degrado irreversibile delle caratteristiche della macchina perciò l'andamento è crescente.

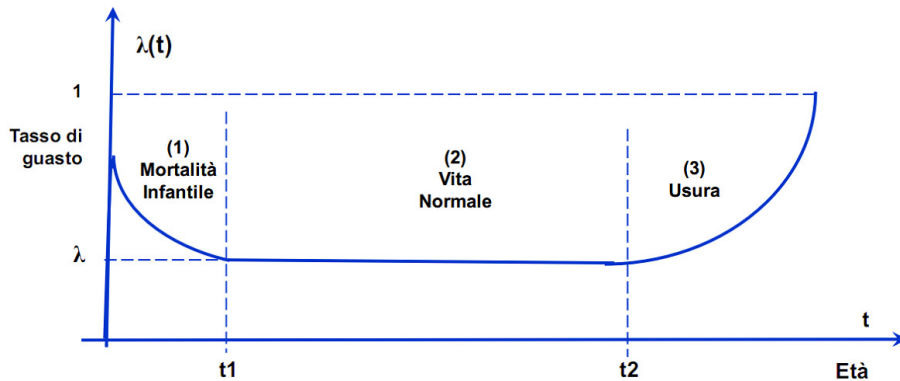


Figura 1.9 Andamento tasso di guasto

Dalla conoscenza dell'andamento del tasso di guasto è possibile definire o modificare la politica di manutenzione, infatti l'Ingegneria di Manutenzione dispone gli interventi di manutenzione preventiva per la sostituzione di un componente all'inizio della Fase di Usura.

1.3.5.2 Manutenibilità

La manutenibilità viene definita nella norma UNI EN 13306 come "l'attitudine di un'entità, in certe condizioni d'uso, ad essere mantenuta o ripristinata in uno stato in cui essa possa eseguire la funzione richiesta quando la manutenzione è effettuata in date condizioni e vengono adottate le procedure e le risorse prescritte".

Il principale indice di misura della manutenibilità è il MTTR (Mean Time To Repair) che esprime la media dei tempi di riparazione e quindi fornisce un'indicazione dell'efficacia della manutenzione.

Le caratteristiche che influenzano la manutenibilità sono: l'accessibilità, l'estraibilità, la manipolabilità e la pulibilità.

Il Piano di Manutenzione del tool informatico plamai include l'Analisi di Maintainability che ha come obiettivo quello di fornire una stima il più possibile completa del Tempo di Manutenzione Preventiva richiesto per eseguire l'Ordine di Lavoro. Esso verrà valutato nel seguente modo: Tempo di Messa Fuori Servizio (TOST) + Tempo di Task Principale + Tempo di Rimessa in Servizio (BIST).

In generale per la definizione dei tempi vengono considerate le seguenti attività:

- **Tempo di Messa Fuori Servizio (TOST)**: isolamento elettrico, drenaggio e bonifica (supporto tecnico all'Operation), isolamento meccanico e rimozione dell'item,
- **Tempo di Rimessa in Servizio (BIST)**: installazione dell'item e Leak Test (supporto tecnico all'Operation).

1.3.5.3 Disponibilità

La disponibilità viene definita nella norma UNI EN 13306 come "l'attitudine di un'entità ad essere in grado di svolgere una funzione richiesta, in determinate condizioni, in un particolare istante o durante un dato intervallo di tempo partendo dal presupposto che siano fornite le risorse esterne necessarie".

La disponibilità esprime la percentuale di tempo di funzionamento effettivo dell'entità rispetto al tempo totale di servizio richiesto e si focalizza sull'efficacia del Servizio di Manutenzione considerando le sole perdite di tempo per le quali è responsabile il servizio stesso. Poiché il tempo di funzionamento dipende dall'affidabilità della macchina e il tempo di guasto dalla sua manutenibilità, allora la disponibilità risulta dalla combinazione delle due, perciò si prefigura come il parametro di riferimento per eccellenza.

Da queste considerazioni deriva la necessità di analizzare e migliorare l'affidabilità delle singole macchine poiché l'affidabilità totale dell'impianto è data dal prodotto di quelle degli elementi di cui è composto.

I valori impiegati per l'**analisi affidabilistica** sono resi disponibili dal tool informatico plamai nella sezione Asset Register. dove selezionando un generico item sono fornite le indicazioni di MTBF, MTTR e Disponibilità corrispondenti (Figura 1.10). Per il calcolo di tali indici è necessario, da parte dell'utente, fornire le informazioni di Data dell'Evento e le Ore Manutentore nella sezione Registro degli Interventi di Manutenzione.

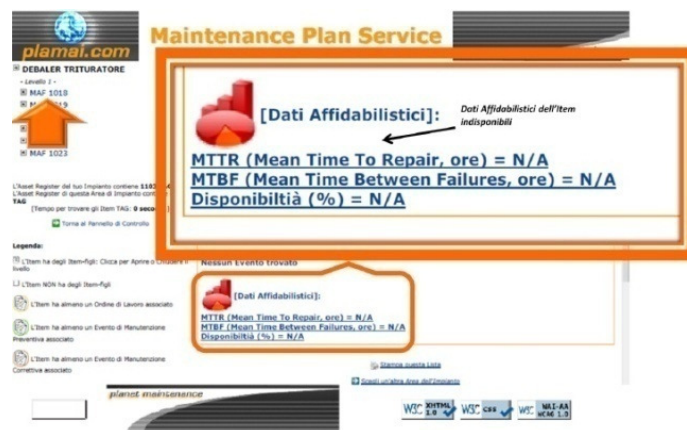


Figura 1.10 Dati affidabilistici www.plamai.com

1.3.5.4 Analisi FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis)

Per indagare sulle modalità di guasto di un'entità complessa, identificare i suoi elementi critici dal punto di vista affidabilistico e definire in maniera ragionata il piano di manutenzione a partire dai componenti critici si procede con l'Analisi FMECA.

Tale analisi si articola nelle seguenti fasi:

- 1) **Scomposizione dell'impianto per item significativi di manutenzione:** si procede alla scomposizione in base al rischio associato al guasto. A questo proposito il servizio MTM/plamai fornisce nel Registro degli Interventi di Manutenzione l'analisi di Pareto legata alla severità del guasto (Bad Actor per numero di ore) e alla frequenza (Bad Actor per numero di eventi) del guasto per l'individuazione degli item critici (Figura 1.11 e Figura 1.12),
- 2) **Individuazione dei modi, effetti e cause del guasto:** sempre nel Registro degli Interventi nella fase di consuntivazione si deve compilare un report riportando modi, cause e effetti,
- 3) **Analisi di Criticità:** ad ogni componente si deve assegnare un indice di criticità arbitrario individuato dal prodotto della probabilità di accadimento, della severità degli effetti e della rilevabilità del guasto,
- 4) **Raccolta delle proposte di miglioramento e formulazione del piano di manutenzione:** è compito dell'Ingegneria di Manutenzione fornire delle risposte.

Una tale procedura deve essere eseguita sistematicamente con una rivisitazione continua delle scelte fatte a seguito dell'acquisizione di nuove informazioni fornite dal comportamento a guasto delle macchine.

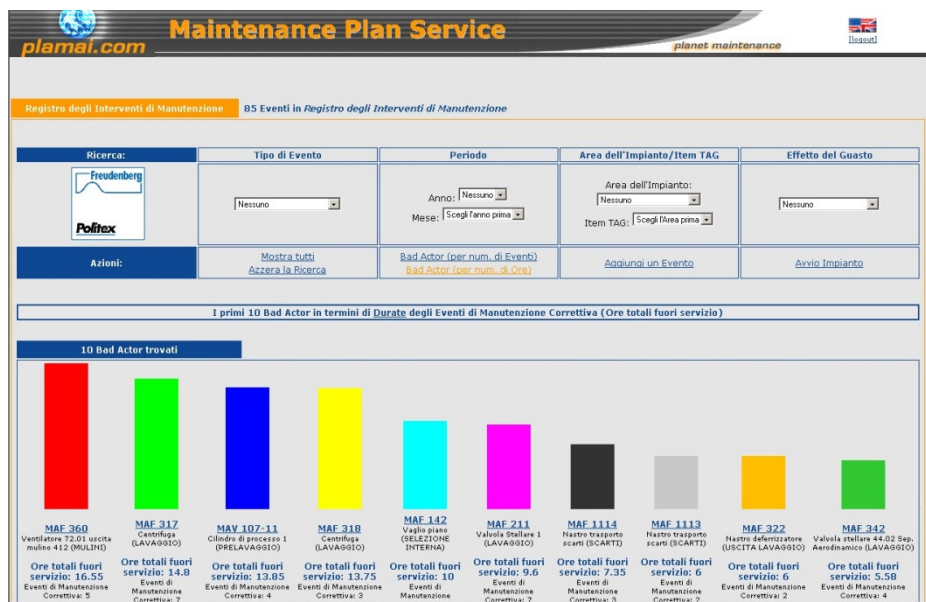


Figura 1.11 Bad Actors in termini di durate degli eventi di Manutenzione Correttiva

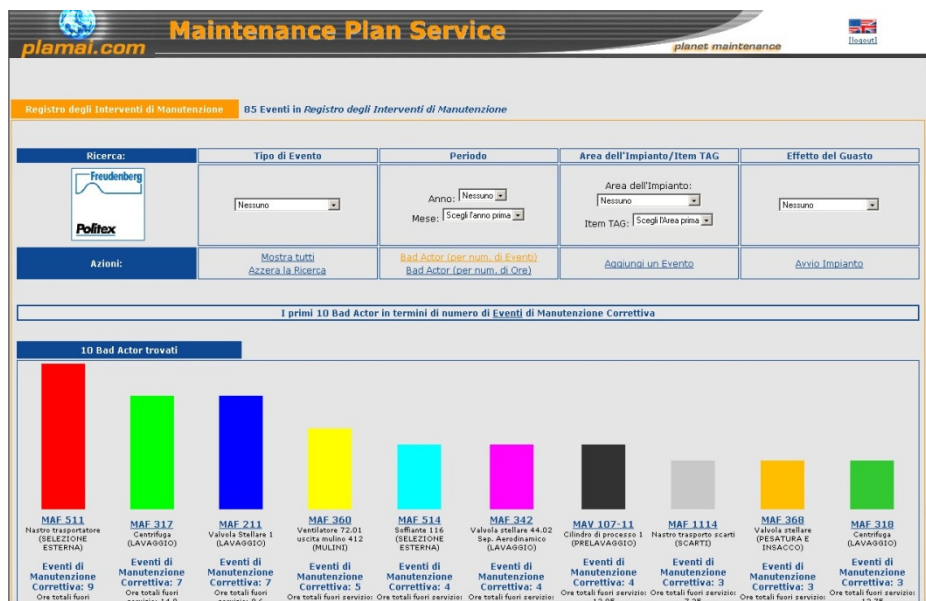


Figura 1.12 Bad Actors in termini di numero di eventi di Manutenzione Correttiva

1.4 Il valore aggiunto del servizio MTM/plamai

La caratteristica innovativa e distintiva del tool informatico plamai è rappresentata dal fatto che viene fornita dall'esterno Ingegneria di Manutenzione. Infatti plamai prima che essere uno strumento, è un servizio a disposizione dell'azienda per "gettare le basi" di una solida analisi di manutenzione. Fornendo un semplice elenco delle macchine presenti in azienda, il servizio MTM/plamai costruisce l'anagrafica di impianto e mette a disposizione delle imprese un pool di esperti che, sulla base delle informazioni date dall'utente (manuali e indicazioni di eventuali situazioni critiche), redige un Piano di Manutenzione Preventiva per i vari Item dell'impianto.

Il gruppo di lavoro è costituito da persone competenti in materia di manutenzione con una lunga esperienza maturata in diversi contesti industriali (produttivi e di erogazione di servizi), quindi in grado di recepire immediatamente le criticità proprie delle diverse tipologie di impianto

Quando anche si presentassero delle difficoltà iniziali relative alla definizione delle periodicità e del contenuto dei Piani di Manutenzione Preventiva, la formazione di uno storico dei fermi e dei guasti permette di apportare successive modifiche ed integrazioni in modo tale che, al termine di un ciclo di manutenzione (solitamente un anno), si possa definire ed attuare una politica di manutenzione sostenibile per l'impresa ed in linea con le sue effettive esigenze.

Tale peculiarità risulta essere un valido supporto per individuare e definire le priorità e indirizzare nel miglior modo possibile le risorse destinate alla gestione della manutenzione. Infatti nelle piccole e medie imprese, dotate generalmente di una struttura organizzativa nella quale non sempre si riescono a utilizzare le scarse risorse sia umane che materiali impiegate per la gestione della manutenzione, il servizio MTM/plamai fornisce soluzioni snelle e adeguate mediante le quali è possibile conseguire obiettivi soddisfacenti senza un grande dispendio economico.

I costi ridotti sono possibili perché il pool di esperti, che è supportato da complete e ben organizzate banche dati relative a differenti tipologie di macchine e impianti, proponendo il servizio in Web World Wide, rende possibili radicali economie di scala.

Usufruendo di una tale "assistenza a basso costo" le aziende sono in grado di riorganizzare la propria Ingegneria di Manutenzione: è sufficiente disporre di un responsabile che provveda a rendere effettivo il Piano di Manutenzione elaborato dal servizio MTM/plamai e di manutentori che possono anch'essi interagire direttamente con il servizio perché guidati passo passo dal "Web Tutoring" (Figura 1.13).

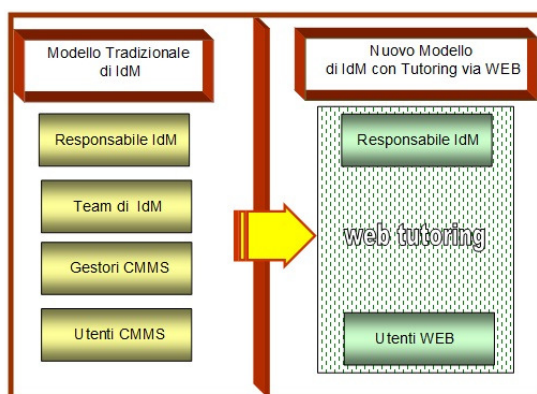


Figura 1.13 Modelli di organizzazione dell'Ingegneria di Manutenzione

A titolo esemplificativo dei vantaggi economici che tale impostazione innovativa comporta, si riporta in la comparazione tra i costi di una struttura di Ingegneria di Manutenzione tradizionale e una supportata via Web da un collegamento Internet (Tabella 1.1). I costi sono suddivisi in investimenti iniziali e costi di gestione e fanno riferimento ad un caso reale di una media azienda di processo (250 dipendenti di cui 30 impiegati nella manutenzione con una Master Equipment List di circa 1000 item). Come si può evincere dal confronto la nuova soluzione comporta un notevole abbattimento dei costi.

Investimento iniziale	Modello Tradizionale di IdM Costi (K€)	Nuovo Modello di IdM con Tutoring via WEB Costi (K€)
Acquisto CMMS (licenze)	30	0
Server & HW	10	0
Training per l'uso del CMMS (sia IdM che Manutentori)	40	5
Sviluppo analisi RAMS per definire criticità e Piani di Manutenzione	70	5
Servizi di Tutoring	0	10
Tot.	150	20
Costi di gestione annuali	Modello Tradizionale di IdM Costi (K€)	Nuovo Modello di IdM con Tutoring via WEB Costi (K€)
Responsabile IdM	50	45
Team di IdM	40	0
Manutenzione CMMS	5	0
Addetto gestione CMMS	35	0
Servizio di Tutoring	0	5
Tot.	130	50

Tabella 1.1 Costi dei modelli di organizzazione dell'Ingegneria di Manutenzione

Per mantenere i costi del servizio bassi, non è prevista la visita degli impianti e neppure contatti “de visu” con i responsabili aziendali, ma solo via Web o per telefono.

Unica condizione richiesta all'azienda è avere al suo interno un interlocutore in grado di dialogare via Web con la struttura di plamai. Inoltre tale interlocutore, proprio perché supportato da un pool di

esperti, non necessariamente deve possedere un'approfondita ed estesa esperienza in materia di gestione della manutenzione (Figura 1.14).

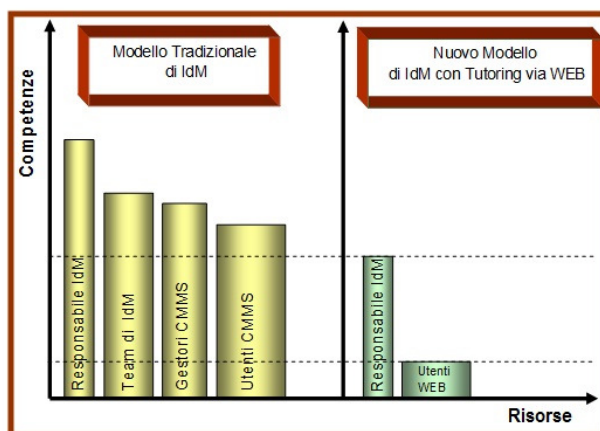


Figura 1.14 Risorse e competenze dell'Ingegneria di Manutenzione

Ovviamente il livello di servizio fornito è in qualche modo correlato al livello di informazioni che l'azienda è in grado di inviare alla struttura di plamai. In ogni caso, anche solo sulla base del semplice elenco degli asset aziendali, il pool di esperti è in grado fin da subito di fornire i servizi di tutoring descritti.

1.5 Altri vantaggi del tool informatico plamai

Mentre i normali sistemi informativi di manutenzione (CMMS) vengono progettati ed implementati da informatici, a volte senza specifiche e dettagliate competenze nell'ambito della gestione della manutenzione, il tool informatico plamai è stato ideato e sviluppato da professionisti competenti ed esperti della materia, in particolar modo per quanto riguarda le possibilità di un suo futuro impiego completo e continuativo. In tale contesto il servizio MTM/plamai mette a disposizione la serie di moduli precedentemente descritta, con un'ampia possibilità di personalizzazione, in modo da permettere all'utente di adattare il tool informatico alle specifiche esigenze dell'impianto, evitando così la presenza di una struttura informatica rigida. Tale customizzazione è possibile sia con la scelta dei moduli più congegnali agli scopi che si prefigge la gestione della manutenzione, sia con la definizione delle etichette che contraddistinguono le caratteristiche dei diversi tipi di impianto.

Non trascurabile risulta la semplice fruibilità del servizio MTM/plamai (accessibilità mediante un collegamento Internet) unitamente alla facile interattività del Web con impiego di una guida passo passo che migliora ulteriormente la "usability" del servizio di Web tutoring estendendo l'utilizzo a tutto il personale dell'impresa e non solo a quello

appartenente alla funzione Ingegneria di Manutenzione. Si vengono quindi a creare i presupposti per una più estesa partecipazione del personale che consente la condivisione degli obiettivi di miglioramento del Servizio di Manutenzione, in particolar modo anche per quanto riguarda gli operatori addetti alle macchine ai quali può essere contestualmente richiesta una maggior responsabilizzazione nel rispetto di corrette ed adeguate prassi e modalità operative. A tale scopo plamai riserva una suite dedicata sul server, con accessi differenziati in funzione della tipologia di utenti, in cui tutta la documentazione prodotta è facilmente consultabile e aggiornabile tramite collegamento Internet con la possibilità di interazione da parte dell'azienda che riporta direttamente sul Web i dati di feed back dal campo, utili per l'aggiornamento costante di tutto il sistema.

Un'altra importante peculiarità richiesta al servizio informativo di manutenzione risulta essere, inoltre, l'integrazione con i diversi moduli degli altri sistemi informativi gestionali in uso nell'azienda ed in tale contesto plamai assicura il riutilizzo dei dati gestiti, in modo che il patrimonio costituito dalla conoscenza e dall'esperienza accumulata nella gestione della manutenzione non venga disperso, ma torni utile e sia impiegato anche per altre applicazioni informatiche.

1.6 L'importanza del Web Service di manutenzione

L'informatica aziendale viene spesso intesa come una semplice automazione delle procedure esistenti in azienda, con l'obiettivo di renderle più rapide, cambiando il meno possibile e riducendo gli errori umani.

Infatti i sistemi informativi di manutenzione attuali denominati "CMMS" sono tutti strutturati allo stesso modo:

- Funzioni per gestire l'informazione relativa all'oggetti di manutenzione,
- Funzioni per gestire lo stato di pianificazione e avanzamento dell'attività manutentiva,
- Funzioni per gestire le informazioni sulle prestazioni tecniche ed economiche del sistema di manutenzione.

Essi, quindi, sono visti dall'azienda come uno strumento utile per la gestione delle informazioni e dei dati aggregati.

L'informattizzazione, avvenuta nel corso del tempo e gestita da uffici diversi, ha portato alla coesistenza all'interno della stessa azienda di diversi sistemi operativi non facilmente integrabili fra loro. Questo fatto rende complessa la fase di reperimento delle informazioni necessarie perché, come ovvio che sia, solo una parte del personale è stata istruita

all'utilizzo di un software. Anche nel caso in cui fosse possibile realizzare un'integrazione dei sistemi informativi, essa richiederebbe uno sforzo elevato in termini di costo e di tempo, perciò non facilmente sostenibile da tutte le aziende. Inoltre un tale approccio non rappresenta più una fonte di vantaggio competitivo poiché il ciclo che si articola in innovazione, produzione e obsolescenza si fa sempre più rapido determinando un aumento delle opzioni e delle caratterizzazioni richieste dal cliente, mentre i normali "CMMS" sono costituiti da funzioni internamente stabili che mal si prestano ad un'azione agile e rapida. Quindi non è più sufficiente che i sistemi informativi di manutenzione siano impiegati per una semplice automazione di processi manuali, ma occorre un'integrazione totale tra i sistemi di controllo, di supervisione e di gestione della manutenzione per ottenere un efficiente sistema di gestione.

Oggi invece, con l'avvento della tecnologia "Internet", si stanno diffondendo software standard che permettono un'integrazione più completa delle informazioni, con un interfaccia operatore semplice e immediato, consentendo alle aziende di avere una maggiore visibilità di tutto il processo produttivo in tempo reale e con maggiore accessibilità. In quest'ottica un'innovazione significativa è rappresentata dai "Web Services" cioè software a moduli standard per la fornitura di servizi via Internet per l'accesso e la comunicazione tra i componenti. Tali applicazioni assumono una nuova forma essendo composte da parti sviluppate internamente alle aziende e parti sviluppate dai Services. Si assiste così al passaggio da modelli di rappresentazione dei processi basati sui dati a modelli basati sulla comunicazione e sulle attività. L'introduzione del "Web service" porta anche a profondi cambiamenti e ripensamenti della visione aziendale complessiva, infatti i sistemi informativi sono fortemente dipendenti dagli altri sottosistemi e processi, perciò occorre intervenire anche sulla struttura e organizzazione interne all'impresa:

- I momenti decisionali, di controllo e di responsabilità devono essere attribuiti alla specifica frazione di processo coinvolta,
- È necessaria una ricomposizione del lavoro e una modifica delle professionalità coinvolte superando la divisione di compiti e competenze,
- Adozione di modalità di gestione della qualità e di miglioramento continuo basate sull'osservazione dei risultati e sulla partecipazione bottom-up di tutti gli attori interessati,
- Riorientamento del business verso la "customer satisfaction" e non solo verso il contenimento dei costi.

In conclusione la tecnologia Web offre molte opportunità di sviluppo tecnologico al passo con le esigenze delle imprese, ma affinché il

processo di crescita sia completo è necessario da parte dell'azienda mantenere un atteggiamento "proattivo" cioè riorganizzarsi dal punto di vista tecnologico, delle metodologie e soprattutto delle risorse umane in modo da recepire anticipatamente le tendenze e i cambiamenti futuri per pianificare in tempo le azioni opportune.

2 Il servizio MTM/Plamai in Politex

2.1 Presentazione del gruppo Freudenberg Politex

Il gruppo Freudenberg Politex nasce dall'unione tra l'attività produttiva dell'azienda italiana Politex e la divisione nontessuti per guaine bituminose della multinazionale tedesca Freudenberg. La nuova realtà è così presente a livello globale con vari stabilimenti sparsi nel mondo: Novedrate e Pisticci (Italia), Colmar (Francia), Lodz (Polonia), Macon (Usa). L'impresa è leader mondiale nella produzione e commercializzazione di nontessuti in poliestere agottrattati, ad alta tenacità impiegati principalmente come supporti per guaine bituminose destinate all'impermeabilizzazione dei tetti. La materia prima di partenza è costituita da poliestere ottenuto dal riciclo delle bottiglie in PET (polietilene tereflato) e successivamente è utilizzata la tecnologia da fiocco o quella da filo per ottenere i prodotti finiti.

L'offerta soddisfa la richiesta di molti settori merceologici diversi fra loro:

- Membrane impermeabilizzanti per tetti (Figura 2.1 sinistra) realizzate con diverse tecnologie (legatura chimica, polimero basso fondente e rinforzo di fili di vetro disposti longitudinalmente),
- Gamma di nontessuti geotessili impiegati nella costruzione di strade, autostrade, bacini, dighe e campi sportivi grazie alla triplice funzione di strato separatore, filtro e ripartitore di carico unitamente alle caratteristiche drenanti,
- Pannello anallergico fonoassorbente - fonoisolante (Figura 2.1 destra) inserito nelle intercapedini di muratura, nelle contropareti in gesso e nei controsoffitti per l'isolamento termico e acustico,
- Gamma di nontessuti voluminosi con differenti caratteristiche in termini di peso, spessore e sofficià impiegati come imbottiture per l'arredamento e per capi sportivi tecnici,
- Ovatte per la produzione di materassi ignifughi e per il rivestimento di divani sfoderabili.



Figura 2.1 Membrane impermeabilizzanti per tetti e pannelli fonoassorbenti

2.2 Il contesto produttivo Politec nel sito di Novedrate

La sede di Novedrate costituisce il nucleo storico dell'attuale realtà multinazionale. Fondata nel 1972 con il sito attuale denominato Novedrate 1, Politec inizia le proprie attività con la produzione di ovatte in poliestere utilizzate come imbottiture nei settori dell'abbigliamento e dell'arredamento. In pochi anni l'azienda cresce e viene costruito l'insediamento Novedrate 2 dove viene posto il quartier generale della società. Questo è il sito preso in esame dove avviene la produzione di membrane bituminose destinate al settore edilizio in particolare per la copertura dei tetti.

La produzione avviene a ciclo continuo 24 ore su 24 per 365 giorni l'anno.

Il ciclo produttivo è suddiviso in tre attività che avvengono in aree differenti dell'impianto:

- 1) **Reparto lavaggio:** le bottiglie in PET provenienti da diversi centri di raccolta rifiuti vengono selezionate, lavate e macinate per ottenere scaglie di poliestere che successivamente sono trasformate,
- 2) **Reparto filatura:** dopo un processo di essiccamento per eliminare l'acqua in eccesso, per mezzo di estrusori a vite riscaldati, il materiale miscelato e fuso viene fatto passare attraverso i fori calibrati della filiera. I fili di poliestere così prodotti sono raccolti in un fascio e successivamente tagliati a misura ottenendo il fiocco di poliestere,
- 3) **Reparto feltri:** attraverso condutture pneumatiche il fiocco di poliestere si accumula in boxes che, in funzione della richiesta, alimentano due linee produttive di non tessuto. Le fibre sono prima orientate, unite fra loro e rinforzate con un filo di vetro per ottenere dei tappetini, poi attraverso l'azione meccanica di agugliatura, l'azione termica di calandre riscaldate e l'azione chimica di bagni in resina al prodotto finale sono conferite le

caratteristiche di elasticità e tenacità in accordo alle specifiche tecniche di riferimento.

I rotoli di non tessuto poi sono venduti alle aziende che fanno ricorso a operazioni di bitumazione impregnando il materiale in bagni di catrame per la realizzazione di supporti di guaine bituminose impiegate per l'isolamento dei tetti.

2.3 Criticità del reparto lavaggio

L'impianto di lavaggio ha una capacità ricettiva di 100 tonnellate al giorno di bottiglie di plastica che seleziona, lava e sminuzza per ottenere scaglie da utilizzare in successive lavorazioni.

La lavorazione di rifiuti introduce problematiche legate allo scarso stato di pulizia del reparto e forte usura delle macchine, di conseguenza ne risente l'affidabilità dell'impianto. Inoltre il settore del riciclaggio dei rifiuti è in forte espansione con una domanda in crescita lungo tutta la filiera produttiva, ciò spinge l'azienda a lavorare bottiglie sempre meno selezionate e di conseguenza più difficili da trattare. Questo comporta una sollecitazione aggiuntiva per gli impianti produttivi che subiscono un peggioramento dell'ambiente di lavoro e al contempo devono mantenere alti i livelli di produzione.

Per tutte queste ragioni il reparto di lavaggio risulta il più critico a livello di guasti.

Per un'azienda che a regime deve garantire grossi volumi di produzione per rimanere competitiva sul mercato, il problema principale è rappresentato dai fermi impianto per guasto che, oltre a comportare il costo relativo alla riparazione, incidono soprattutto per quanto riguarda il costo di mancata produzione.

Perciò il management aziendale per migliorare la situazione nel reparto lavaggio è intervenuto introducendo l'Ingegneria di Manutenzione che si è avvalsa del supporto del tool informatico plamai.

2.4 Descrizione reparto lavaggio

I rifiuti plastici conferiti presso l'impianto provengono da centri di selezione italiani e esteri. Tramite aste telematiche, sono acquistate balle di bottiglie in PET (Polietilene Tereflato) selezionate per tipologia di plastica. La linea di lavaggio e macinazione produce 3300 kg/h di scaglie di PET.

Il reparto lavaggio è costituito dalle seguenti aree funzionali in relazione alla diversa tipologia di trasformazione del prodotto.

Debaler Trituratore

La rottura dell'imballaggio compresso e tenuto assieme da una reggia di ferro avviene con il passaggio del materiale attraverso un rotore dentato che strappa il filo e rompe parzialmente l'imballaggio.

Con un "nastro deferrizzatore" si separa il ferro dal resto dei rifiuti: il campo magnetico generato da un magnete permanente investe il materiale attirando a sé le parti ferrose e trascinandole fino a quando le stesse, uscite dalla zona di influenza, cadono per gravità in una tramoggia e quindi sono scartate.

Successivamente un "nastro defogliatore" intraprende una prima parziale opera di pulizia eliminando parte delle etichette dalle bottiglie con l'ausilio di un ventilatore di alimentazione e uno di estrazione allo scopo di sollevare quelle che si sono staccate durante l'operazione di apertura dell'imballaggio e trasportarle nella zona di raccolta degli scarti.

La movimentazione in questa prima fase del ciclo in cui sono trattate le bottiglie intere avviene mediante nastri trasportatori.

Prelavaggio e Selezione Esterna

Un'ulteriore separazione delle bottiglie che, nonostante la precedente operazione di triturazione, risultano ancora compresse e l'eliminazione di rifiuti grossolani come celophan viene compiuta dal "cilindro sfaldaballe" al cui interno è presente una crociera cioè due corpi tubolari disposti a croce nei quali rimane intrappolato lo scarto. Risulta perciò necessaria una fermata tecnica giornaliera di un'ora per la sua pulizia.

Le funzioni del "debaler trituratore" e del "cilindro sfaldaballe" sono molto simili tra di loro infatti il primo è stato aggiunto all'impianto in un secondo momento. Questo permette, nel caso in cui il debaler dovesse subire un intervento di manutenzione, di continuare la produzione alimentando manualmente il cilindro dopo aver staccato il filo di ferro dell'imballaggio.

Per eliminare gli scarti più fini come ad esempio lattine, ferro e tappi il materiale attraversa un vaglio circolare (Figura 2.2): gli scarti passano attraverso i fori delle lamiere a maglia decrescente, l'avanzamento è reso possibile dall'inclinazione dell'asse di rotazione del tamburo e l'evacuazione avviene per gravità convogliando lo scarto presso una tramoggia di raccolta.

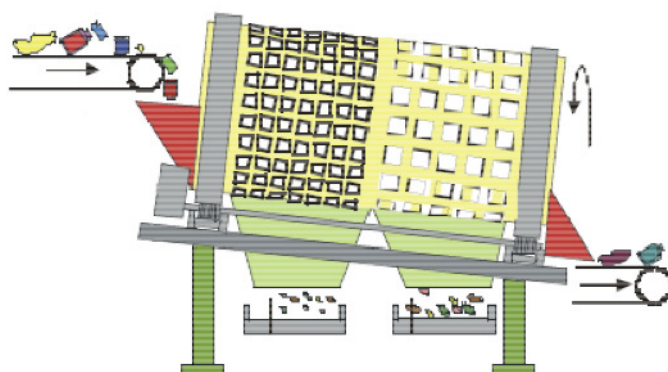


Figura 2.2 Vaglio circolare

A questo punto le bottiglie sono trasportate alla stazione di selezione esterna. Per la garanzia di qualità del prodotto, il materiale viene processato mediante i “NIR detector” che sono in grado di stabilire di quale polimero è fatta una bottiglia, se si tratta di PET o di un altro materiale non interessante per questa lavorazione. La sigla “NIR” sta per Near Infra Red, dato che i due detector sfruttano una fonte luminosa vicino all’infrarosso. Il risultato è che le bottiglie in PET vengono lasciate passare, mentre quelle in PVC, Polietilene o altri polimeri sono eliminate da un sistema ad aria compressa.

Il materiale ritorna così al prelavaggio ancora sporco, ma con un sistema costituito da due “cilindri di processo” (Figura 2.3) rotanti contenenti acqua e soda è lavata la superficie esterna della bottiglia ed eliminate le etichette, producendo “bottiglie con un grado di inquinamento costante”. Tali cilindri, come sarà evidenziato dall’analisi successiva, sono i componenti più critici dell’impianto a livello di manutenzione. Filtri specifici consentono la depurazione dell’acqua sporca eliminando le etichette e lo sporco grossolano per poterla poi in parte riutilizzare nel medesimo impianto.

Un sistema di vagliatura “sgronda” l’acqua del prelavaggio e separa dalle bottiglie le eventuali etichette staccate presenti nel flusso.



Figura 2.3 Cilindro di processo

Selezione interna

È necessaria un'altra stazione di selezione identica alla precedente, poiché ogni singola macchina ha un'efficienza pari al 90%, perciò se quel 10% di rifiuti che sfugge al primo detector viene ricontrollato dal secondo si arriva ad avere un grado di inquinamento pari all'1%.

Mulini

A questo punto del processo la maggior parte degli inquinanti sono stati separati dal PET, ma rimangono le etichette incollate meglio e soprattutto i tappi avvitati bene alle bottiglie. Questi ultimi essendo costituiti di PE Polietilene, materiale non utilizzato nelle successive lavorazioni, possono essere eliminati dal corpo della bottiglia solo attraverso l'azione del mulino.

Le bottiglie sono trasportate da un nastro a due mulini di macinazione (Figura 2.4) che le trasformano in scaglie mediante l'azione di nove lame ciascuno, due fisse montate sullo statore e sette mobili sul rotore.

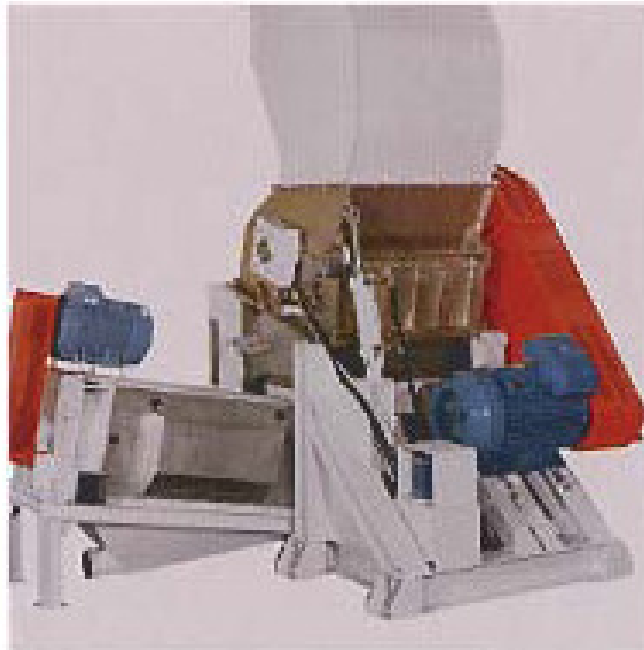


Figura 2.4 Mulino

La manutenzione dei mulini richiede un fermo macchina settimanale pari a 6 ore per ciascuna macchina durante il quale vengono sostituite tutte le lame: quando si interviene su uno dei due, l'altro continua a lavorare causando complessivamente solo un calo di produzione. Inoltre le lame dello statore essendo più sollecitate a causa della numerosità inferiore rispetto a quelle rotanti, sono sostituite anche il lunedì per un fermo macchina complessivo pari a 2 ore.

Durante la sostituzione settimanale delle lame, data la diminuzione della produzione, si approfitta per fare anche altri interventi di manutenzione spiccia (pulizia, ingrassaggio e ispezioni) e preventiva.

I mulini rappresentano lo spartiacque dell'impianto: prelavaggio nel quale sono trattate le bottiglie intere e lavaggio dove sono lavorate le scaglie.

Il prodotto della macinazione è poi filtrato da una griglia posta sul fondo del mulino: se le scaglie hanno la dimensione corretta passano attraverso i fori della griglia e sono raccolte in una tramoggia, altrimenti vengono rimacinate finché non raggiungono la granulometria desiderata.

Il materiale è quindi trasportato per via aerea per mezzo di ventilatori fino a riunirsi in un'unica linea per mezzo di un ciclone. Esso è un componente meccanico a cui è affidato il compito di separare le particelle solide dall'aria: le scaglie entrando in un grosso contenitore conico perdono la loro energia cinetica e cadono per gravità, mentre l'aria esce dall'alto.

In fondo al ciclone è posta una valvola stellare che alimenta con continuità il condotto aereo per il trasporto delle scaglie ai silos della zona di lavaggio, impedendo contemporaneamente che l'aria del ventilatore "ricacci indietro" le particelle solide.

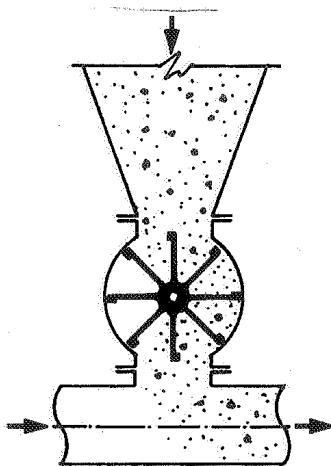


Figura 2.5 Valvola stellare

La movimentazione del materiale in questa seconda fase avviene per via pneumatica con l'impiego di ventilatori e valvole stellari poiché le scaglie sono un materiale molto leggero.

Lavaggio

I silos presenti nella zona di lavaggio fungono da "buffer polmone" dividendo in due parti l'impianto. Questo consente, nel caso in cui fossero necessari interventi di manutenzione nella parte di prelavaggio, di mantenere costante la produzione a valle assicurandosi che i silos siano sufficientemente pieni.

La lavorazione successiva viene effettuata da due macchine di lavaggio denominate "friction washer" (Figura 2.6) cioè lavatrice delle scaglie di PET. Il materiale è lavato in continuo a caldo con l'aggiunta di prodotti chimici detergenti: un sistema elettronico consente di mantenere costante il grado di riempimento delle macchine, garantendo anche il corretto tempo di permanenza. Questa operazione porta benefici in termini di qualità del prodotto, infatti più il materiale sta al caldo e viene frizionato, più riceve un'azione lavante. Un'altra caratteristica di questa fase è che l'acqua di processo viene continuamente rinnovata, non solo perché arriva sempre acqua fresca, ma anche perché a tali macchine è abbinato uno speciale filtro in grado di rigenerare perfettamente il liquido con un risparmio sul consumo di acqua e di energia per riportare il liquido alla temperatura di processo.



Figura 2.6 Friction washer

Al lavaggio segue l'azione di asciugatura effettuata da due centrifughe poste in serie.

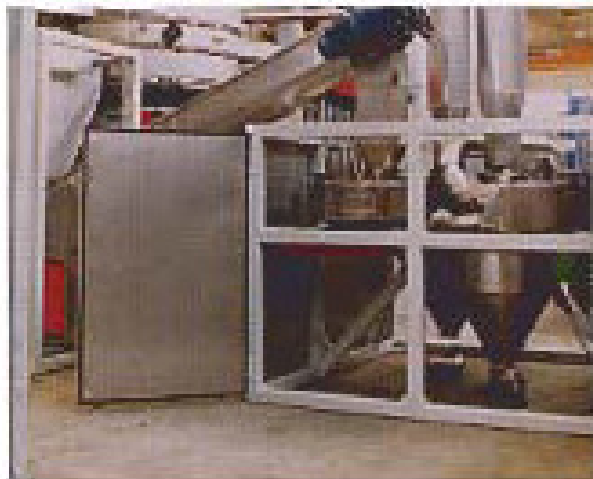


Figura 2.7 Centrifughe

Lo step successivo corrisponde alla vasca di decantazione (Figura 2.8). Il PET per sua natura è pesante (peso specifico $1,4 \text{ g/cm}^3$) e tende ad affondare nell'acqua, mentre gli altri inquinanti che sono presenti nella bottiglia, come il tappo in Polipropilene o le etichette in Poliolefine, galleggiano. Può succedere che le scaglie di PET rimangano intrappolate in bolle d'aria create da residui di schiuma rimanendo così a galla, perciò la vasca è provvista di un'apposita palettatura. Le scaglie di PE che non sono più utilizzate dalla ditta Politex nei successivi processi di trasformazione sono raccolte e insaccate per essere vendute ad altre aziende che ne fanno uso. Invece il materiale

rimasto sul fondo viene prima centrifugato e successivamente asciugato da un essiccatore: il materiale scorrendo su una griglia mobile è sottoposto ad un getto di aria calda generato da ventilatori sottostanti.



Figura 2.8 Vasche di separazione

Uscita lavaggio

Tale parte di impianto ha due funzioni principali: separare i corpi metallici e uniformare la dimensione delle scaglie.

Infatti, molto spesso succede che insieme alla plastica siano macinate anche lattine e le molle contenute nei tappi degli spruzzini: entrambi vanno a fondo con il PET a causa del loro peso specifico maggiore rispetto a quello dall'acqua.

I corpi metallici mescolati insieme alle scaglie possono essere di due tipi: ferromagnetici (ferro), non ferromagnetici (alluminio). Per eliminare i primi è utilizzato un “nastro deferrizzatore” analogo a quello presente nella stazione del debaler trituratore, mentre per i secondi si impiega un particolare nastro (Figura 2.9) costituito da un rotore magnetico con linee di campo a polarità alternata posto in rotazione ad alta velocità all'interno di un tamburo attorno a cui scorre un nastro trasportatore generando così un campo magnetico alternato. Quando il materiale sul nastro raggiunge l'estremità in cui è sito il rotore, le componenti metalliche non ferromagnetiche risentendo della forza di repulsione indotta dal campo magnetico vengono allontanate dal rimanente prodotto.

Alla fine del nastro le scaglie di PET cadono per gravità e sono raccolte in una tramoggia per essere inviate al reparto di pesatura e insacco, mentre la parte metallica viene raccolta e scartata.

L'altra macchina importante della stazione è il mulino di seconda macinazione, più piccolo rispetto a quello precedente, impiegato per uniformare il più possibile la granulometria delle scaglie. Infatti le lame del “mulino di prima macinazione”, dopo che è passato un po' di tempo

dalla loro sostituzione , consumandosi il filo di taglio perdono la loro efficacia iniziale. Perciò si rende necessaria una seconda macinazione per ottenere una maggiore omogeneità nella grandezza delle scaglie.

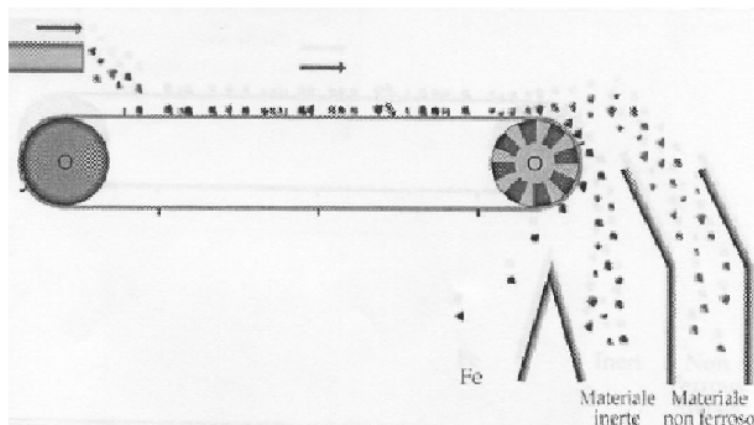


Figura 2.9 Nastro trasportatore per materiali non ferromagnetici

Pesatura e insacco

Alla fine del ciclo di lavaggio le scaglie di PET vengono prima pesate in continuo mediante un sistema di celle di carico, e da qui il materiale può avere due diverse destinazioni: stoccaggio nei silos di alimentazione del “reparto filatura” o insaccamento per la vendita all’esterno.

Scarti

Tutti gli scarti di natura non metallica prodotti dalla pulizia prima delle bottiglie, poi delle scaglie sono inviati ai “press container” a partire dalle rispettive stazioni di lavoro mediante nastri trasportatori.

Le macchine più critiche a livello di manutenzione sono i cilindri e le pompe. Esse sono sottoposte, oltre alla manutenzione correttiva e preventiva suggerita dal servizio MTM/plamai anche ad analisi vibrazionali sulle macchine e termiche sui quadri elettrici.

2.5 Intervento dell’ingegneria di manutenzione con l’ausilio del tool informatico plamai

2.5.1 Situazione antecedente l’impiego del tool informatico plamai

La scelta aziendale in Politex è sempre stata indirizzata prevalentemente a massimizzare la produzione con un forte sfruttamento dell’impianto, a discapito così della manutenzione. Infatti nella quasi totalità dei casi le macchine sono utilizzate al di sopra della loro capacità produttiva di

progetto con successive e continue modifiche per migliorarne le performance. Questa situazione insieme alla contrazione del mercato degli ultimi anni che ha ridotto il margine di guadagno ha determinato una forte contrazione negli investimenti, perciò la manutenzione si trova a dover gestire impianti sempre più vecchi avendo a disposizione un budget di spesa sempre più risicato.

Prima dell'introduzione dell'Ingegneria di Manutenzione la Politica di intervento esistente era prevalentemente basata sullo svolgimento di manutenzione correttiva, lasciando alla "sensibilità" del manutentore l'analisi tecnica dei fermi e dei guasti senza una precisa programmazione. La manutenzione privilegiava il controllo diretto "a vista" anziché il ricorso a procedure standardizzate e prevedeva un fermo tecnico settimanale per la sostituzione delle lame del mulino e la pulizia delle macchine e un fermo prolungato una volta all'anno per il revamping dell'impianto che comprendeva manutenzione migliorativa ed eventuali investimenti in nuove parti di impianto. Strumenti di diagnostica precoce non erano utilizzati perché non efficaci, in quanto avrebbero fornito solamente informazioni sullo stato di degrado del componente, senza alcuna possibilità di migliorare il Piano di Manutenzione.

In caso di guasto il capoturno della produzione era incaricato di registrare la causale e il periodo di fermo impianto unicamente per giustificare la mancata produzione. Se si fosse reso necessario l'intervento della manutenzione, il responsabile della produzione chiamava direttamente gli operatori senza nessuna registrazione da entrambe le parti che certificasse l'esecuzione del lavoro e quindi fornisse dettagli significativi circa la causa, il modo e l'effetto del guasto.

La gestione della manutenzione nel sito produttivo di Novedrate non era supportata da nessun sistema informativo dedicato. Per monitorare la situazione impiantistica era impiegato il Sistema informativo di gestione aziendale "Baan" essenzialmente con lo scopo di consuntivazione dei costi e dei materiali di ricambio.

Nel 2004 si tentò senza successo di introdurre il sistema informativo "Datastream MP2". L'obiettivo dei vertici aziendali era la stesura di procedure e di un Piano di Manutenzione in modo da rendere gli interventi più rapidi ed efficaci. Gli addetti alla manutenzione furono incaricati della compilazione manuale di un report circa l'attività svolta, successivamente una persona dell'ufficio trascriveva i dati ricevuti nel sistema informativo in modo da creare con il tempo l'anagrafica di impianto. L'implementazione di tale sistema informativo dedicato non conseguì i risultati sperati a causa soprattutto della sottovalutazione dell'onerosità del processo di censimento dell'impianto: le informazioni ricavate erano molto parziali e quindi non in grado di fornire un quadro completo della situazione. Altrettanto evidente era la mancanza di una figura competente alla guida del progetto: gli utenti del sistema non

avendo conoscenze approfondite in materia di manutenzione si limitavano a svolgere una funzione di pura alimentazione dei dati di back office e gli addetti alla manutenzione non essendo adeguatamente formati e motivati per intraprendere il nuovo corso fecero fatica ad adeguarsi ai cambiamenti. Perciò il progetto fu abbandonato dopo circa sei mesi per lo scarso beneficio che se ne traeva a scapito dell'energia profusa in termini di tempo e di costo.

2.5.2 Necessità manutenzione reparto lavaggio

La necessità da parte dell'azienda di dotarsi di un Piano di Manutenzione preventiva per aderire alle norme ISO 9001 e la contemporanea introduzione della funzione di Ingegneria di Manutenzione ha spinto la ditta Politec verso una riorganizzazione aziendale che comprendeva l'introduzione di un software dedicato per soddisfare le seguenti esigenze:

- Descrizione tecnica delle macchine e delle linee (anagrafica di impianto e distinta base),
- Definizione dei Piani di Manutenzione preventiva,
- Descrizione del comportamento delle macchine completa di analisi dei guasti e delle criticità utilizzando parametri affidabilistici,
- Gestione delle risorse umane attraverso la definizione dei carichi di lavoro e la programmazione delle attività.

Perciò il servizio MTM/plamai ha rappresentato la soluzione ideale fornendo un valido supporto alla neonata Ingegneria di Manutenzione.

2.5.3 Situazione seguente l'impiego del tool informatico plamai

Dopo aver ricevuto l'elenco delle macchine completo di manuali d'uso e informazioni sullo stato di degrado e dopo aver interloquuto con il referente aziendale rappresentato dall'Ingegnere di Manutenzione, la prima operazione effettuata dal servizio MTM/plamai è stata la predisposizione dell'anagrafica di impianto. Il reparto di lavaggio è stato così suddiviso in aree funzionali in relazione alla diversa tipologia del processo di trasformazione del prodotto (Figura 2.10).

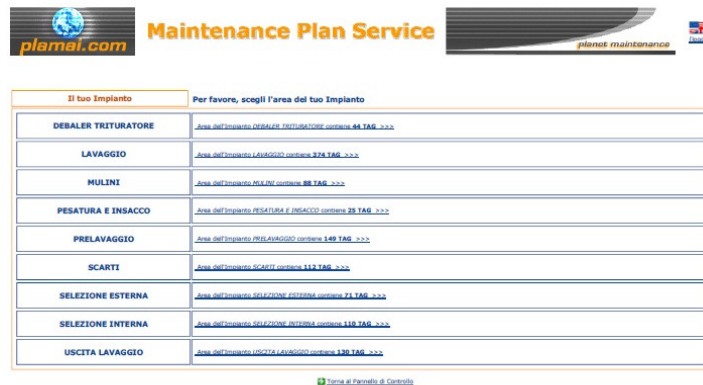


Figura 2.10 Aree funzionali del reparto lavaggio

Il censimento delle macchine (Figura 2.11) raggiunge un livello di dettaglio tale da consentire l'individuazione della singola parte oggetto di guasto. Ciascun componente è identificato da un codice che indica:

- Natura funzionale (meccanica M, elettrica E, strumentale S, piping P) e tipologia del componente,
- Item di appartenenza.

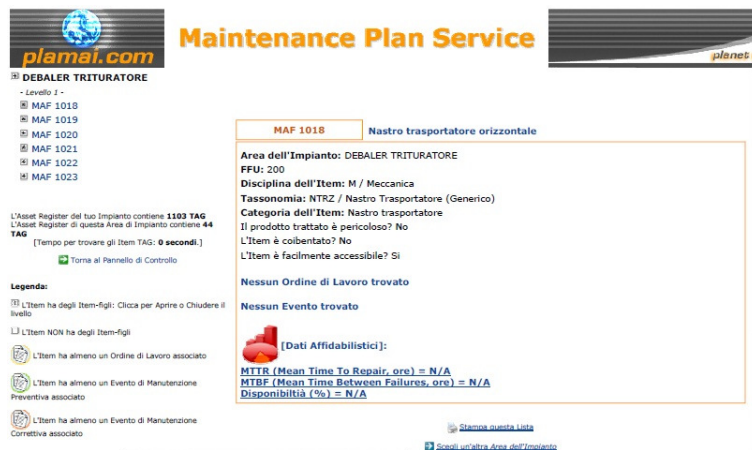


Figura 2.11 Identificazione delle macchine

Successivamente, per facilitare la stesura del piano di manutenzione, le macchine sono raggruppate per “famiglie tecniche” cioè sottogruppi con lo stesso principio di funzionamento per le quali le attività di manutenzione previste sono le stesse (ad esempio le centraline oleodinamiche o i sistemi di ventilazione).

Nella sezione “Scarica il Piano di Manutenzione” sono stati messi a disposizione gli Ordini di Lavoro comprensivi delle procedure di messa in sicurezza delle macchine per consentire all’Ingegneria di Manutenzione di disporre la cantierizzazione dei lavori, cioè effettuare tutte le verifiche necessarie e dare le disposizioni conseguenti affinché le attività potessero verificarsi senza ritardi o incidenti.

Il Piano di Manutenzione Preventiva è stato poi integrato e modificato, nell'ottica del miglioramento continuo, secondo le specifiche esigenze riscontrate a seguito della raccolta dei dati sugli interventi di manutenzione correttiva e preventiva consuntivati sul campo e registrati nella sezione che riporta lo storico degli interventi.

In un tale contesto mutato, per adeguarsi alle nuove esigenze indotte dal sistema informativo, sono stati introdotti cambiamenti anche per quanto riguarda l'organizzazione della struttura di manutenzione.

L'attività preventiva introdotta dal servizio MTM/plamai comprende anche manutenzione minuta come ingrassaggio, cambio olio e sostituzione filtri. Queste operazioni pur non richiedendo grandi capacità tecniche rappresentano, di fatto, la costituzione di un valore aggiunto in quanto, non solo mantengono più a lungo le condizioni standard di funzionamento delle macchine, ma garantiscono anche un'ulteriore occasione di ispezione per la segnalazione di eventuali anomalie di parti di impianto. Perciò tali attività sono state schedulate settimanalmente e affidate ad un operatore.

MACCHINA	MANUTENZIONE CICLICA LAVAGGIO														
	SETTIMANA 1			SETTIMANA 2			SETTIMANA 3			SETTIMANA 4			MESE		
	Cambio olio	Ingrassaggio	Cambio filtro	Cambio olio	Ingrassaggio	Cambio filtro	Cambio olio	Ingrassaggio	Cambio filtro	Cambio olio	Ingrassaggio	Cambio filtro	Cambio olio	Ingrassaggio	Cambio filtro
MAF 102/5 Cilindro apriballe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 506/7 Vaglio rotante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 108-11 Cilindro processo 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 603/6 Cilindro processo 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 317 Centrifuga doppia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 318 Centrifuga doppia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 354 Ventilatore centrifuga doppia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 309 Centrifuga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 715 Centrifuga 160	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 850.1 Centrifuga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 202 Mulino 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 207 Mulino 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 204 Centrifuga MU 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 209 Centrifuga MU 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 205 Ventilatore trasporto MU 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 210 Ventilatore trasporto MU 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 514 ventilatore 116	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 515 ventilatore 117	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 621 ventilatore 129	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 713 Soffiante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 330 Ventilatore 42.02 essiccatore	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 333 Ventilatore 43.02	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 352 Soffiante K003	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K-04 Soffiante invio scaglie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 358 Mulino piccolo 71	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 305 Mixer 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 307 Mixer 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 321 Mixer 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 336 Mixer 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 101 Nastro carico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 316 Coclea alim. Centrifuga doppia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 2.12 Schedulazione attività preventive

La gestione del magazzino per soddisfare le richieste di tutti i reparti aziendali e del sito produttivo di Novedrate 1 posto ad un chilometro di distanza era affidata ad un unico addetto il quale provvedeva alle attività di carico, scarico e riordino dei componenti su richiesta dei manutentori. A seguito del verificarsi di episodi di stock out l'addetto è stato affiancato da un manutentore che, avvalendosi della sua esperienza e del

supporto di un sistema informativo con la registrazione degli interventi, ha ottimizzato la gestione in termini di giacenze, punti di riordino ed eliminazione di ricambi obsoleti riducendo così i costi di emissione degli ordini e di immobilizzo del materiale.

Avendo inoltre a disposizione indicazioni riguardo il carico di lavoro del Servizio di Manutenzione, è stato possibile rimodulare e rendere più flessibile la gestione dei suoi addetti. Ad esempio è stato affidato ad un manutentore esperto proveniente dal reparto feltri il compito di coordinamento operativo e di referente per quanto riguarda la manutenzione nell'area lavaggio.

2.6 Analisi risultati

Il miglioramento conseguito con l'introduzione del tool informatico plamai e dell'Ingegneria di Manutenzione è quantificabile attraverso l'analisi di due parametri principali, mettendo a confronto i valori del 2008 anno di introduzione del tool, del 2009 anno di transizione e del 2010 anno di entrata a regime.

1) Analisi dei guasti

È possibile comprendere come le politiche di manutenzione siano cambiate nel corso del tempo attraverso i filtri che il tool informatico plamai mette a disposizione nel modulo Registro degli Interventi di Manutenzione confrontando i diversi effetti del guasto (

Tabella 2.1):

- **Fermo impianto:** corrisponde agli interventi di manutenzione correttiva a seguito di un'avaria,
- **Nessun effetto:** corrisponde agli interventi di manutenzione preventiva effettuati durante le fermate programmate.

Anno	Totale	Fermo Produzione (correttiva)	Nessun effetto (preventiva)
2009	218h	118h	100h
		54%	46%
2010	333h	52h	281h
		15%	85%

Tabella 2.1 Analisi dei guasti

L'anno 2010 denota un ricorso accentuato alle politiche preventive con una corrispondente diminuzione dei guasti grazie soprattutto al

miglioramento conseguito con l'esperienza di procedure ispettive per individuare i possibili guasti prima del loro accadimento. Considerando le attività del 2010, il carico di lavoro totale risulta di 330 ore rispetto alle 220 dell'anno precedente. Questo non significa che i manutentori hanno lavorato di più, ma che l'attività è distribuita uniformemente nel tempo, senza dover ricorrere ad un grande sforzo concentrato in poche ore durante lo svolgimento degli interventi di manutenzione correttiva. Infatti mediante una gestione programmata della manutenzione è stato possibile prevedere e anticipare la rottura dei componenti operando la loro sostituzione o revisione in officina senza interrompere il ciclo produttivo.

2) Analisi Net Running Time

Il Net Running Time NRT è un parametro aziendale che corrisponde alla disponibilità dell'impianto (Figura 2.13, Figura 2.14 e Figura 2.15).. Esso viene calcolato considerando l'incidenza di guasti e manutenzioni sul tempo di utilizzo teorico di una macchina.

$$NRT = \frac{T - TSC - TO - TG - TM}{T - TSC - TO}$$

con

T: tempo di apertura impianto (ciclo continuo)

TSC: tempo di fermo per scioperi

TO: tempo di fermo per cause organizzative

TG: tempo di fermo per guasti

TM: tempo di fermo per manutenzioni

Il tool informatico plamai non è predisposto per il calcolo di questo parametro poiché sarebbe necessario un'analisi RBD (Reliability Block Diagrams) per stabilire l'influenza di ciascuna macchina sull'intero impianto, perciò tale valore è stato stimato a partire dai dati contenuti nel sistema di gestione aziendale "Baan" nel quale sono riportati tutti i fermi produzione con indicata la causale.

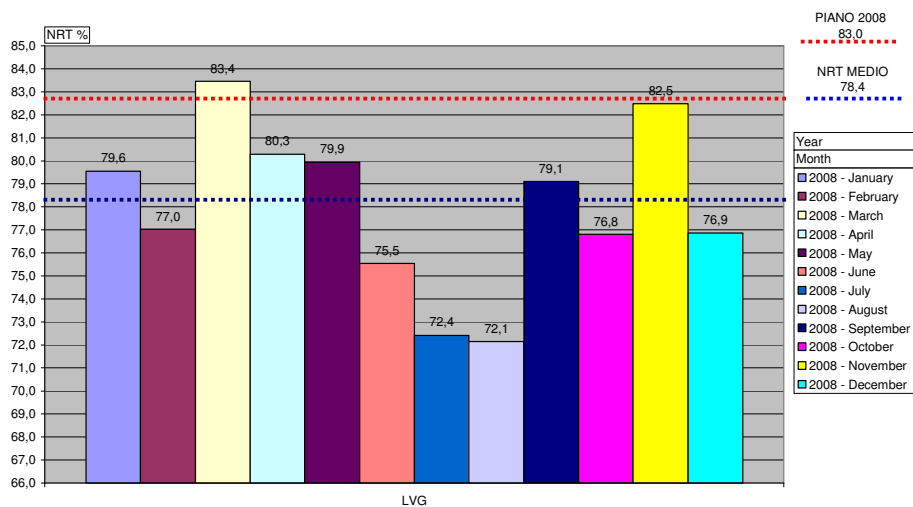


Figura 2.13 Andamento Net Running Time anno 2008

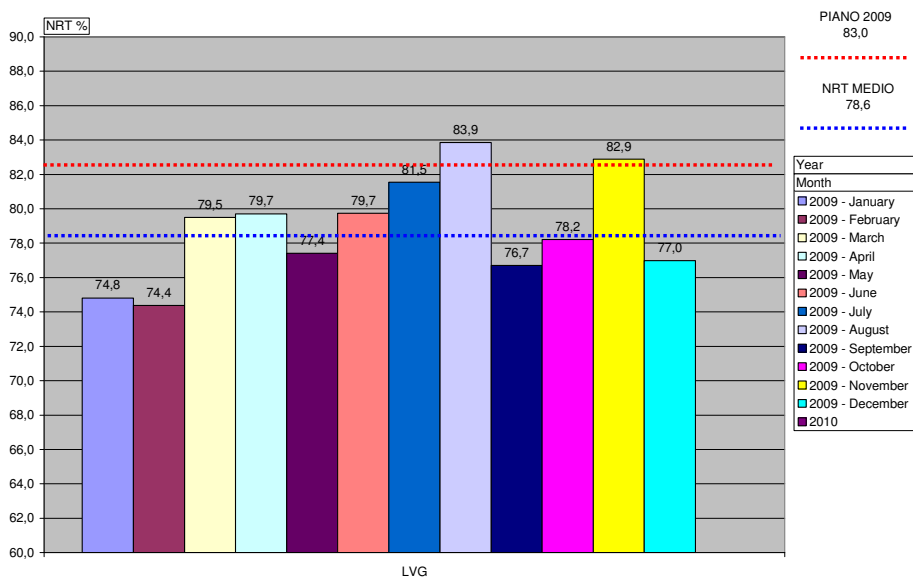


Figura 2.14 Andamento Net Running Time anno 2009

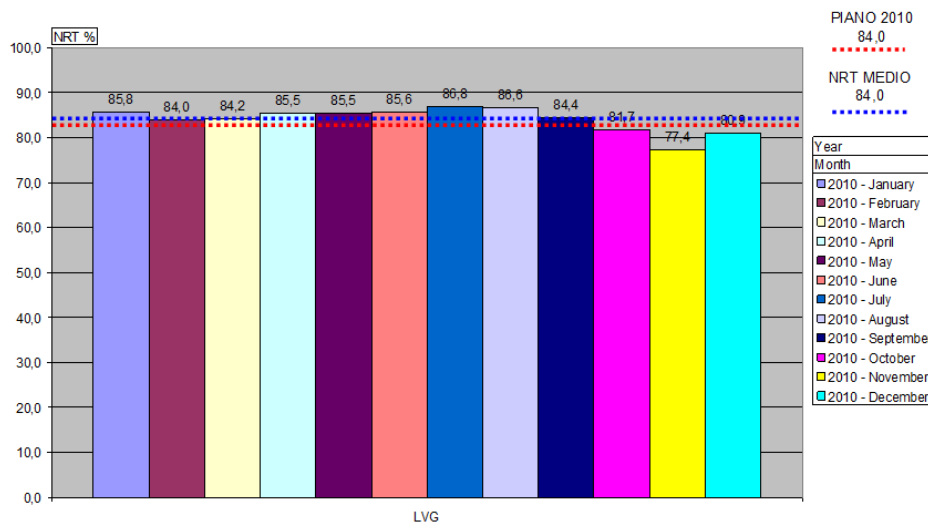


Figura 2.15 Andamento Net Running Time anno 2010

Inizialmente l'andamento della disponibilità intrinseca era fortemente irregolare e caratterizzato da un susseguirsi di alti e bassi: erano le macchine a gestire il ritmo di lavoro e non viceversa come dovrebbe essere.

A partire dall'anno 2009 con l'introduzione di standard lavorativi e i primi interventi di manutenzione preventiva si assiste ad una lenta, ma costante inversione di tendenza culminata e consolidata dagli alti e costanti valori di disponibilità dell'anno 2010. Infatti, a seguito del progressivo miglioramento, è stato possibile liberare sempre maggiori risorse da dedicare allo svolgimento degli interventi di preventiva raggiungendo così il livello di disponibilità attuale.

2.7 Analisi criticità

La criticità di un guasto si valuta attraverso l'effetto che provoca sull'impianto. gli effetti sono stati classificati secondo il seguente indice di gravità:

- **Mancanza di sicurezza:** fortunatamente tale evento è risultato raro nella ditta Politex e circoscritto al nastro trasportatore scarti nel quale si è verificata tre volte la rottura della fune di sicurezza,
- **Fermo impianto:** dall'analisi dello storico dei guasti risulta evidente una riduzione progressiva grazie all'introduzione di standard di intervento preventivi,

- **Riduzione di produzione:** dovuta soprattutto all’intasamento di filtri, pompe e problemi legati ai nastri trasportatori che a causa di piccole variazioni non hanno funzionato a pieno regime,
- **Perdita di qualità:** il discorso è analogo a quello fatto per la riduzione di produzione,
- **Nessun effetto:** ora quasi tutti gli interventi di riparazione o di sostituzione si riescono a programmare per tempo grazie applicando la manutenzione preventiva e l’analisi strumentale invertendo così il trend che fino ad un anno fa vedeva ancora prevalere anche se di poco i fermi impianto.

Nel sezione “Registro degli interventi di manutenzione” il tool informatico plamai permette di visualizzare le macchine soggette a un numero di guasti elevato (Bad actor per numero di eventi Figura 2.16) e quelle a un tempo di intervento maggiore (Bad actor per numero di ore Figura 2.17).

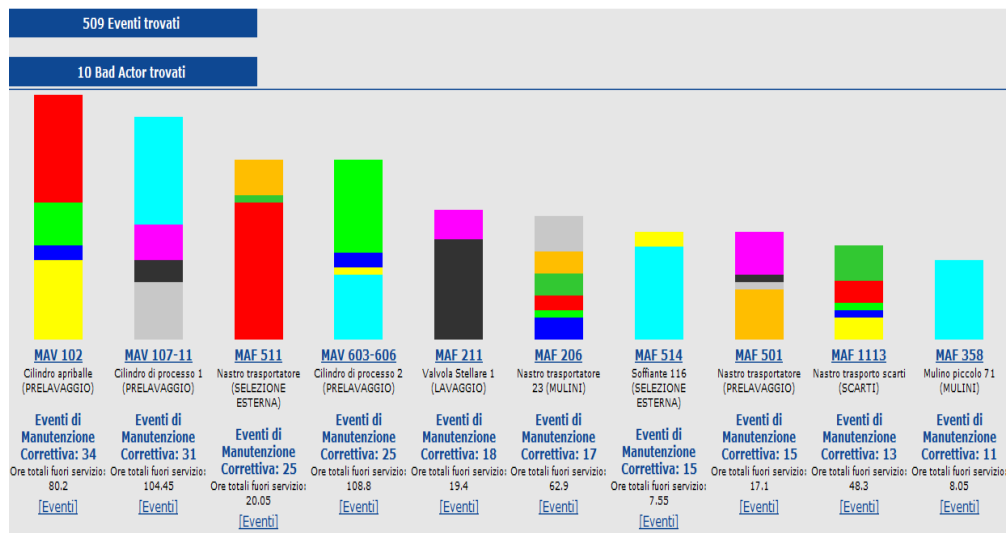


Figura 2.16 Bad actor per numero di eventi

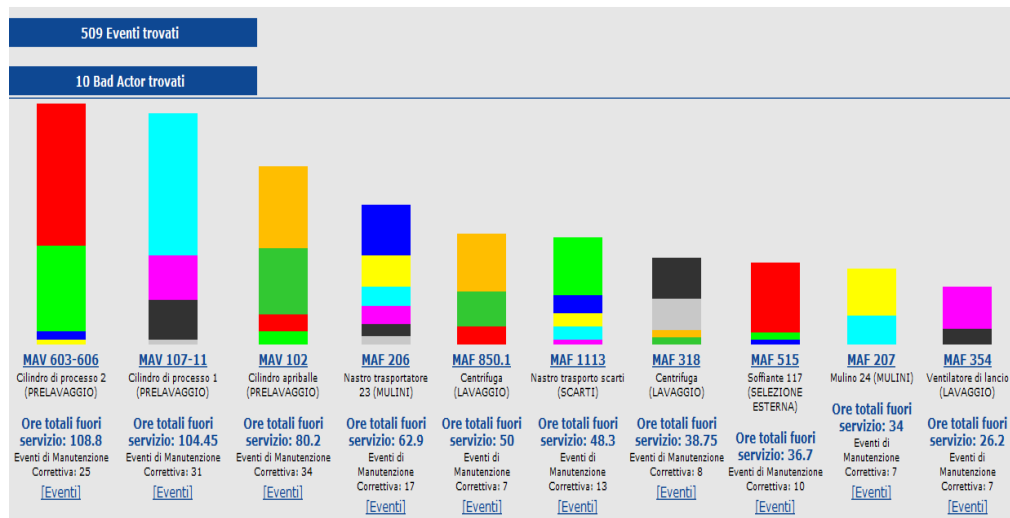


Figura 2.17 Bad actor per durata eventi

I cilindri di processo (MAV 107-11 e MAV 606-603) e sfalda balle (MAV102) risultano gli item più critici sia per quanto riguarda il numero che per quanto riguarda la durata degli interventi, perciò si può concludere che le criticità del reparto lavaggio sono concentrate soprattutto nella zona di prelavaggio.

2.8 Sviluppi futuri

Un miglioramento nella gestione della manutenzione si può raggiungere percorrendo due differenti vie di sviluppo:

- 1) Gestione tradizionale degli impianti
- 2) Gestione avanzata degli impianti

2.8.1 Gestione tradizionale degli impianti

Essa si basa su percorsi già battuti nel corso degli anni per migliorare la situazione impiantistica operando un approccio TPM “Total Productive Maintenance” per una riduzione progressiva delle inefficienze.

Gli obiettivi del Total Productive Maintenance si possono sintetizzare nei seguenti punti:

- Raggiungimento dell’impiego più efficace ed efficiente degli impianti,
- Impostazione di un sistema di eliminazione delle perdite,
- Raggiungimento delle “perdite zero” attraverso la motivazione individuale, la collaborazione e il lavoro in piccoli gruppi,
- Impostazione, realizzazione e mantenimento di un sistema di prevenzione delle perdite.

Per l'applicazione pratica di tale approccio si deve impostare un programma di lavoro con l'obiettivo di migliorare le attività di manutenzione partendo dalla stesura del piano di manutenzione senza trascurare la predisposizione di standard di lubrificazione, di pulizia delle macchine e delle attrezzature. Queste attività sono state avviate con buon successo grazie al supporto del servizio MTM/plamai, ma si possono ottenere miglioramenti dalla formazione e successiva analisi dello storico guasti che si viene a creare.

Un'altra peculiarità del TPM è rappresentata dalla gestione autonoma della manutenzione, infatti l'operatore addetto alla produzione costituisce il miglior osservatore delle condizioni di funzionamento della macchina e può quindi fornire un contributo essenziale alla manutenzione preventiva effettuando direttamente la manutenzione minuta. Per svolgere questo tipo di attività l'operatore deve essere opportunamente formato e motivato sull'importanza che ricopre il suo ruolo. Inoltre deve essere guidato nei suoi compiti attraverso la stesura di procedure e la predisposizione sulle macchine di segnalatori visivi uditivi e olfattivi sullo stato di funzionamento delle stesse.

Tutto questo rappresenta un'importante sfida per l'Ingegneria di Manutenzione che al contempo potrà trarne giovamento con un alleggerimento del carico di lavoro e ottenere maggiori informazioni dal confronto con diversi punti di vista.

2.8.2 Gestione avanzata degli impianti

L'obiettivo è individuare un insieme di attività e processi finalizzati a garantire la massima affidabilità degli impianti, minimizzando costi e tempi di intervento mediante l'impiego di strumenti di manutenzione predittiva. Sulla base dell'analisi dei segnali generati dal funzionamento delle macchine si deve verificare la rispondenza alle specifiche di funzionamento attese e l'eventuale tendenza al degrado, così da effettuare l'intervento solo nel caso in cui si manifestassero eventuali anomalie evitando attività non richieste.

L'impiego del servizio MTM/plamai con l'introduzione di interventi semplici e mirati di manutenzione preventiva ha rappresentato un valido strumento per aumentare la vita utile e la conoscenza delle macchine.

Ma per stimare con precisione la vita residua dei macchinari, programmare con largo anticipo gli interventi ed eliminare le rotture di componenti interni è necessario l'impiego di analisi strumentale che fornisce la conoscenza anticipata delle condizioni operative dell'impianto.

In questo senso l'Ingegneria di Manutenzione ha stipulato un contratto di outsourcing per il controllo vibrazionale dei componenti meccanici e termico dei quadri elettrici con la ditta SPM. I controlli sono bimestrali e sono effettuate da tecnici specializzati con misurazioni sul posto. Al

momento solo i cilindri e le pompe che rappresentano gli item più critici del reparto lavaggio rientrano nel piano di monitoraggio, perciò per il futuro sarebbe opportuno estendere la diagnostica strumentale ad altri componenti importanti per l'impianto come i sistemi di ventilazione e le centrifughe.

L'obiettivo finale deve essere la gestione in tempo reale dell'impianto compiuta all'interno dell'azienda stessa, perciò risulta utile acquisire con il tempo il knowhow necessario per rendersi indipendenti.

Il consolidamento degli approcci tradizionali assieme all'estensione dell'utilizzo di metodologie più avanzate costituiscono il giusto mix per mantenere e incrementare il vantaggio competitivo della ditta Politex.

3 Analisi Fmeca

3.1 Metodologia Fmeca

3.1.1 Introduzione

Il reparto lavaggio è costituito per la maggior parte da macchine in età avanzata che lavorano a ciclo continuo finché non si rompono. Esse sono impiegate in un ciclo di lavorazione che provoca forti sollecitazioni meccaniche, perciò se gli item si guastano solitamente si verificano fermate prolungate che arrecano un grave danno alla ditta Politex la quale fonda la propria competitività sulla produttività.

L'obiettivo aziendale da conseguire risulta perciò il miglioramento della disponibilità impiantistica e la leva perseguita perché questo sia possibile è l'affidabilità.

Con l'introduzione dell'Ingegneria di Manutenzione e il sistema informativo di manutenzione remoto è stato possibile effettuare un'analisi Fmeca per evidenziare i guasti che hanno allo stesso tempo un'elevata probabilità di accadere e gravità delle conseguenze in modo da mettere in luce le debolezze del reparto lavaggio sulle quali occorre intervenire.

Pur seguendo i passi operativi tipici di uno studio Fmeca, la metodologia è stata alleggerita in modo da essere percepita come uno strumento di semplice uso da parte dei manutentori. Inoltre il servizio MTM/plamai ha già implementato la scomposizione dell'impianto perciò è stata l'occasione per verificare la correttezza e la completezza dell'operazione effettuata.

La metodologia seguita è una sequenza di passi operativi che comprendono: analisi dei guasti, definizione delle scale di criticità, definizione delle priorità di intervento e modifiche di impianto o interventi migliorativi.

3.1.2 Analisi dei guasti

Sono stati considerati gli interventi di manutenzione registrati nel sistema informativo avvenuti nei mesi di novembre e dicembre 2010. E' stata operata la scelta di una campagna di raccolta dati bimestrale considerando un periodo abbastanza lungo da permettere un'analisi di criticità, poiché come detto l'impianto è soggetto a pochi guasti giornalieri, ma che provocano lunghe fermate dell'impianto.

In tale fase è fondamentale una corretta individuazione del modo, degli effetti e delle cause del guasto, perciò è importante da parte dell'Ingegneria di Manutenzione consultarsi con gli addetti alla

produzione che rappresentano coloro che sono a contatto diretto con le macchine e quindi conoscono meglio le problematiche ad esse connesse. Altrettanto fondamentale si è rivelata la presenza di un sistema informativo di manutenzione contenente una banca dati dello storico degli interventi, poiché i guasti molto spesso si ripetono nel tempo, perciò è possibile accelerarne il riconoscimento e ottenere nuove informazioni.

Di seguito in Tabella 3.1 è presentato l'elenco dei guasti in ordine cronologico.

ITEM TAG	SUB ITEM TAG	TIPO EVENTO	DESCRIZIONE	CAUSA	EFFETTO	ORE
MAF 1022 Nastro defogliaitore	M006 1022 Tappeto gommato	Correttivo	Sostituzione	Usura	Nessun effetto	8
MAF 802 Microfiltro	M022 802 Rete	Correttivo	Sostituzione	Rottura	Perdita di qualità	2
MAF 850.1 Centrifuga	M008 850.1 Girante	Correttivo	Sostituzione rotore e cestello	Distacco pala	Fermo produzione	20
MAF 206 Nastro trasportatore	M007 206 Rullo	Correttivo	Sostituzione cuscinetti	Usura	Nessun effetto	3
MAV 603-606 Cilindro di processo 2	M016 Ruota di supporto	Correttivo	Sostituzione ruota di supporto anteriore destra	Usura	Fermo produzione	8
MAV 107-11 Cilindro di processo 1	M016 Ruota di supporto	Correttivo	Sostituzione ruota di supporto posteriore destra	Usura	Fermo produzione	6
MAF 502 Nastro trasportatore	M015 502 Bavetta	Correttivo	Sostituzione	Usura	Nessun effetto	2
MAV 102 Cilindro sfaldaballe	M001 102 Riduttore	Correttivo	Sostituzione riduttore	Rottura	Fermo di produzione	5
MAF 347 Vaglio circolare	M022 347 Rete	Correttivo	Sostituzione	Rottura	Nessun effetto	2
MAF 202 Mulino 20	M026 202 griglia	Correttivo	Sostituzione griglia	Usura	Riduzione di produzione	1
MAF 850.1 Centrifuga	M008 850.1 Girante	Correttivo	Sostituzione	Sbilanciatura rotore	Nessun effetto	6
MAF 705 Pompa 153		Correttivo	Sostituzione tenute	Tenute usurate	Nessun effetto	2
MAV 107-11 Cilindro di Processo 1	M016 Ruota di supporto	Correttivo	Sostituzione ruota posteriore destra buratto	Usura	Nessun effetto	4
MAF 1111 Nastro trasporto scarti	M003 1111 Tamburo condotto	Correttivo	Sostituzione cuscinetti	Infiltrazioni d'acqua	Nessun effetto	2
MAF 207 Mulino 24	M026 207 Griglia	Correttivo	Sostituzione griglia	Usura	Nessun effetto	1
MAV 102 Cilindro sfaldaballe	M016 102 Ruota di supporto	Correttivo	Sostituzione ruota posteriore destra	Usura	Nessun effetto	3

Tabella 3.1 Elenco guasti mesi di novembre e dicembre 2010

3.1.3 Definizione delle scale di criticità

Lo step successivo consiste nello stabilire le scale di criticità da utilizzare per evidenziare gli item critici e i modi di guasto sui quali risulta prioritario agire.

Sono stati considerati due fattori di rischio per individuare le criticità (Tabella 3.2):

- **Fattore di Occurance:** indice di probabilità di accadimento del guasto,
- **Fattore di Severity:** indice di gravità dell'effetto del guasto.

PUNTEGGIO	OCCURANCE	SEVERITY
1	$T_{\text{intervento}} < 2h$	Nessun effetto
2	$2h \leq T_{\text{intervento}} < 4h$	Perdita di qualità
3	$4h \leq T_{\text{intervento}} < 8h$	Riduzione di produzione
4	$T_{\text{intervento}} > 8h$	Fermo impianto

Tabella 3.2 Indici di criticità

Gli indici di tali scale sono stati definiti a partire dalle informazioni disponibili nello storico degli interventi di manutenzione.

3.1.4 Definizione delle priorità di intervento

La priorità di intervento è definita in base all'indice di criticità che viene calcolato considerando il prodotto dell'occorrenza e della severità (Tabella 3.3): $IC = O \times S$

ITEM TAG	SUB ITEM TAG	EFFETTO	ORE	OCCURANCE	SEVERITY	INDICE CRITICITA'
MAF 1022 Nastro defoglaio re	M006 1022 Tappeto gommato	Nessun effetto	8	3	1	3
MAF 802 Microfiltro	M022 802 Rete	Perdita di qualità	2	1	2	2
MAF 850.1 Centrifuga	M008 850.1 Girante	Fermo produzione	20	4	4	16
MAF 206 Nastro trasportatore	M007 206 Rullo	Nessun effetto	3	2	1	2
MAV 603-606 Cilindro di processo 2	M016 Ruota di supporto	Fermo produzione	7	3	4	12

ITEM TAG	SUB ITEM TAG	EFFETTO	ORE	OCCURANCE	SEVERITY	INDICE CRITICITA'
MAV 107-11 Cilindro di processo 1	M016 Ruota di supporto	Fermo produzione	6	3	4	12
MAF 502 Nastro trasportatore	M015 502 Bavetta	Nessun effetto	2	2	1	2
MAV 102 Cilindro sfaldaballe	M001 102 Riduttore	Fermo di produzione	5	3	4	12
MAF 347 Vaglio circolare	M022 347 Rete	Nessun effetto	2	2	1	2
MAF 202 Mulino 20	M026 202 griglia	Riduzione di produzione	1	1	3	3
MAF 850.1 Centrifuga	M008 850.1 Girante	Nessun effetto	6	3	1	3
MAF 705 Pompa 153		Nessun effetto	2	2	1	2
MAV 107-11 Cilindro di Processo 1	M016 Ruota di supporto	Nessun effetto	5	3	1	3
MAF 1111 Nastro trasporto scarti	M003 1111 Tamburo condotto	Nessun effetto	2	2	1	2
MAF 207 Mulino 24	M026 207 Griglia	Nessun effetto	1	1	1	1
MAV 102 Cilindro sfaldaballe	M016 102 Ruota di supporto	Nessun effetto	3	2	1	2

Tabella 3.3 Calcolo indice di criticità

Dai risultati ottenuti si evidenziano criticità per quanto riguarda una centrifuga, i due cilindri di processo e quello sfalda balle.

- **Centrifuga (MAF 850.1):** si è verificata la rottura interna di una pala per cui si è resa necessaria la sostituzione della girante. Tale problema ha colto di sorpresa l'ingegneria di manutenzione che poco tempo prima aveva effettuato misure vibrazionali senza che fosse segnalato alcun problema. L'intervento è stato perciò lungo e inoltre non corretto infatti, successivamente, è stato necessario un'ulteriore attività di bilanciamento poiché la girante non era stata montata nel modo giusto. Dalla visione dello storico dei guasti una tale problematicità non si era verificata prima di allora e l'unica soluzione che si può è effettuare una più attenta analisi strumentale per prevenire il problema,

- **Cilindri di processo (MAV 107-11 e MAV 606-603):** le problematiche connesse al cilindro di processo sono note da tempo e non risolvibili se non con un cambiamento degli item stessi. Perciò è stata studiata la fattibilità dell'investimento per una nuova macchina,
- **Cilindro Sfoldabelle (MAV 102):** tale cilindro presenta complessità analoghe a quelli di processo con un ulteriore problema rappresentato da vibrazioni troppo elevate sul riduttore che ne hanno causato la rottura, perciò è stata avanzata una proposta di miglioramento.

3.2 Studio preliminare della fattibilità di investimento

Nell'area del prelavaggio sono presenti due "cilindri di processo" codificati come MAV 107-11 e MAV 603-606 con il compito di distaccare dalle bottiglie gli inquinanti presenti. La loro funzionalità è assimilabile a quella di una centrifuga che mediante l'azione meccanica di rotazione del cestello e termica di vapore e acqua calda pulisce il materiale plastico dalla presenza di colle e etichette.

3.2.1 Descrizione macchina

3.2.1.1 MAV 606-603 Cilindro di processo 2

Il cilindro (Figura 3.1) è montato su una struttura di supporto risultando quindi sopraelevato rispetto al livello del terreno. Le bottiglie intere sono caricate e scaricate nel cilindro attraverso tramogge di ingresso e uscite. La macchina al suo interno è divisa in due parti: il cilindro vero e proprio che svolge l'operazione di pulizia delle bottiglie e un buratto che separa la plastica da acqua e inquinanti i quali finiscono in un vaglio sottostante. Quest'ultimo è un componente costituito da una rete filtrante che separa l'acqua dallo sporco: l'acqua è raccolta, filtrata e rimessa in circolo, mentre lo sporco è convogliato in una coclea e da lì mediante nastro trasportatore finisce nella stazione di scarto. L'operazione di alimentazione del materiale viene svolta da un'elica interna. Il moto rotatorio è realizzato da quattro ruote motrici azionate da un sistema di trasmissione diretto motore-riduttore che scorrono su una guida costituita da un piatto calandrato saldato.

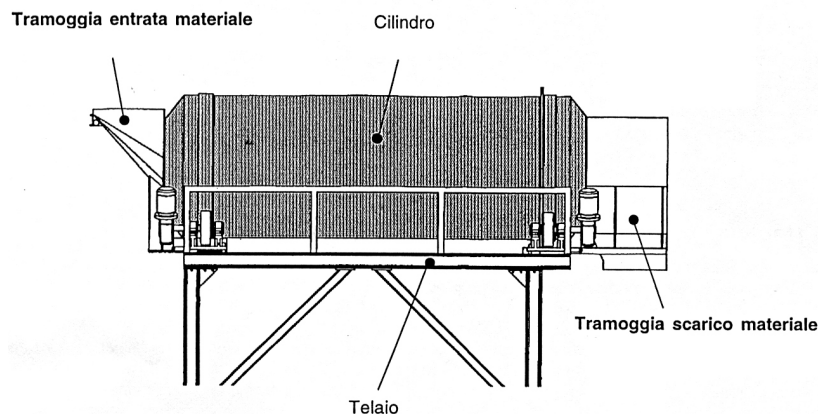


Figura 3.1 Cilindro di processo

3.2.1.2 MAV 107-11 Cilindro di processo

La differenza rispetto al cilindro di processo 2 è la separazione tra cilindro e buratto collegati tra di loro da una guarnizione di tenuta. Inoltre, sempre a causa di tale separazione, le ruote di supporto sono otto: quattro motrici per il cilindro e quattro folli per il buratto.

3.2.2 Criticità del cilindro di processo

Come appare evidente dallo storico dei guasti, il componente più critico del cilindro di processo è rappresentato dalla ruota di supporto che si trova a dover lavorare in un ambiente molto sporco e perennemente immerso in una nuvola di vapore. La condensa che si viene a creare ossida la ruota e la pista di rotolamento entrambe in acciaio che pertanto si usurano.

E' necessario perciò un monitoraggio continuo della macchina per evitare che eventuali problematiche legate alla cattiva rotazione (usura pista o usura ruota) si estendano anche ad altri organi meccanici come ad esempio il motore provocando difficoltà di ingranaggio o il danneggiando i cuscinetti.

3.2.3 Manutenzione effettuata sui cilindri di processo

3.2.3.1 Manutenzione ciclica

La manutenzione preventiva suggerita dal servizio MTM/plamai (Figura 3.2) riguarda principalmente l'attività di ingrassaggio delle ruote con una frequenza di intervento maggiore per quanto riguarda il cilindro di processo 1 poiché le ruote sono installate all'interno della camera di

lavaggio e quindi sono a diretto contatto con il vapore, mentre quelle del cilindro 2 sono installate esternamente e perciò rimangono più all'asciutto.


MACCHINA	MANUTENZIONE CICLICA LAVAGGIO														
	SETTIMANA 1			SETTIMANA 2			SETTIMANA 3			SETTIMANA 4			MESE		
	Cambio olio	Ingrassaggio	Cambio filtro	Cambio olio	Ingrassaggio	Cambio filtro	Cambio olio	Ingrassaggio	Cambio filtro	Cambio olio	Ingrassaggio	Cambio filtro	Cambio olio	Ingrassaggio	Cambio filtro
MAF 802/5 Cilindro agriballe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 506/7 Vaglio rotante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 808-11 Cilindro processo 1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 603/6 Cilindro processo 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 317 Centrifuga doppia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 318 Centrifuga doppia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 354 Ventilatore centrifuga doppia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 309 Centrifuga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 716 Centrifuga 160	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 850,1 Centrifuga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 202 Mulino 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 207 Mulino 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 204 Centrifuga MU1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 209 Centrifuga MU 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 205 Ventilatore trasporto MU1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 210 Ventilatore trasporto MU 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 514 ventilatore 116	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 515 ventilatore 117	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 621 ventilatore 129	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 713 Soffiante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 330 Ventilatore 42.02 essicatore	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 333 Ventilatore 43.02	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 352 Soffiante K003	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K-04 Soffiante inioio stoglie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 358 Mulino piccolo 71	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 305 Mixer 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 307 Mixer 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 321 Mixer 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 336 Mixer 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MAF 101 Nastro carico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
BIOFILTRIO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 3.2 Attività di ingrassaggio

3.2.3.2 Manutenzione predittiva

Le due macchine sono inserite nella lista dei controlli bimestrali di manutenzione predittiva. Il programma prevede il monitoraggio delle vibrazioni dei motori e riduttori e la verifica delle condizioni operative dei cuscinetti determinando il loro grado di lubrificazione con la tecnica di Shock Pulse LR/HR.

3.2.4 Analisi di investimento

Entrambi i cilindri rappresentano gli item più critici per quanto riguarda l'attività di manutenzione effettuata nel reparto lavaggio. Essi hanno un'età di funzionamento rispettivamente di 17 e 13 anni e quindi o hanno superati o sono prossimi al completamento della loro ciclo di vita utile (15 anni).

Soprattutto a causa dell'elevato numero di attività con il relativo costo l'ingegneria di manutenzione ha proposto alla direzione la sostituzione

di entrambi i cilindri con uno di nuova generazione. Questo comporterebbe anche un cambiamento parziale dell'impianto poiché si passerebbe ad un unico circuito di trasporto dell'acqua e di materiale anziché i due attuali.

3.2.4.1 Formule di calcolo

Le due macchine, cilindri vecchi e nuovo hanno la stessa capacità produttiva di 3300kg/h e producono un servizio equivalente.

Si definiscono i costi:

- Costo tecnico del servizio reso (CTSR): insieme dei costi da sostenere per far funzionare la macchina nell'arco di un anno e comprende le spese di energia, dei materiali di ricambio e della manodopera.
- Costo totale annuo equivalente (CTAE): costo medio annuo di riferimento da attribuire al nuovo cilindro che deve essere installato e si calcola applicando la seguente formula

$$CTAE = \frac{CI + \sum_{K=0}^{n-1} CTSR(K) * PV_{SP}(K, i)}{PV_a(n, i)}$$

dove

$$\frac{CI}{PV_a(n, i)}$$

rappresenta la quota annua di ammortamento economico del nuovo cilindro con un costo di installazione (costo macchina + costo montaggio) pari a CI ed abbia una vita utile stimata di n anni;

$$\sum_{K=0}^{n-1} CTSR(K) * PV_{SP}(K, i)$$

rappresenta il valore attuale del costo di tutti gli esercizi futuri stimati per tutto l'arco della vita utile del nuovo cilindro.

3.2.4.2 Costi dei cilindri

Vecchi cilindri di processo

I costi considerati connessi all'attività manutentiva effettuata sui due cilindri di processo da sostituire sono:

- Costo annuo di due operatori di manutenzione addetti al controllo dei due item: 40000€/anno per ciascun operatore,

- Costo dei materiali di ricambio utilizzati per entrambi i cilindri nell'anno 2010 (Tabella 3.4),

TIPO DI INTERVENTO	COSTO SINGOLO PEZZO	NUMERO DI INTERVENTI	COSTO TOTALE TIPO DI INTERVENTO
Sostituzione ruota di supporto	2500€	16	40000€
Sostituzione cuscinetto	100€	4	400€
Sostituzione riduttore	300€	2	600€
Sostituzione motore	500€	3	1500€

Tabella 3.4 Costo del materiale di ricambio

- Costo del consumo di energia (Tabella 3.5) nell'anno 2010 necessaria per far funzionare le due macchine considerando che essa è di tre tipi: elettrica per produrre il moto della macchina, consumo di acqua per pulire le bottiglie e vapore necessaria per riscaldare l'acqua.

TIPO DI ENERGIA	COSTO UNITARIO TIPO DI ENERGIA	CONSUMO ANNUALE TIPO DI ENERGIA	COSTO TOTALE TIPO DI ENERGIA
Elettrica	0,081€/Kwh	600000Kwh	48600€
acqua	0,650€/mc	70000mc	45500€
vapore	0,038€/Kwh	1500000Kwh	570000€

Tabella 3.5 Costo dell'energia

Nuovo cilindro di processo

I costi considerati connessi all'introduzione del nuovo cilindro di processo sono:

- Costo del nuovo cilindro: 760000€,
- Costo di smaltimento vecchio impianto e di installazione del nuovo: 40000€,
- Costo annuale di un operatore di manutenzione addetto al controllo dell'item: 40000€/anno,
- Costo dell'energia (Tabella 3.5) necessaria per far funzionare le due macchine considerando che essa è di tre tipi: elettrica per produrre il moto della macchina, consumo di acqua per pulire le bottiglie e vapore necessaria per riscaldare l'acqua.

TIPO DI ENERGIA	COSTO UNITARIO TIPO DI ENERGIA	CONSUMO ANNUALE TIPO DI ENERGIA	COSTO TOTALE TIPO DI ENERGIA
Elettrica	0,081€/Kwh	450000Kwh	36450€
acqua	0,650€/mc	50000mc	32500€
vapore	0,038€/Kwht	11000000Kwht	418000€

Tabella 3.6 Costo dell'energia

3.2.4.3 Considerazioni sul calcolo

- La vita utile del nuovo cilindro risulta pari a 15 anni,
- Per attualizzare i costi è stato considerato l'indice i calcolato a partire dal bilancio aziendale che risulta pari al 7%,
- Ipotizzando con l'introduzione del nuovo cilindro una forte diminuzione dei guasti è stato stimato di impiegare un solo addetto per gli interventi di manutenzione destinando l'altro ad altro incarico a seconda delle esigenze che si verranno a creare,
- Il costo di mancata produzione non è stato considerato nel calcolo poiché tra il reparto lavaggio e il reparto filatura sono posti dei silos che fungono da buffer polmone in grado di assorbire eventuali cali di produzione del reparto a monte. Inoltre il calcolo del margine di contribuzione risulta difficoltoso poiché nel reparto lavaggio vengono generate le scaglie di plastica che rappresentano la materia prima di una vasta gamma di prodotti,
- I costi futuri del materiale di manutenzione per il nuovo cilindro sono stati calcolati ipotizzando una percentuale di spesa a partire dal costo del 2010 e allocando i valori per gli anni di funzionamento previsti (Tabella 3.7),

ANNI DI FUNZIONAMENTO	PERCENTUALE DI SPESA	COSTO TOTALE
0-4	25%	10625€
5-9	50%	21250€
10-14	75%	31875€

Tabella 3.7 Costi futuri materiale di manutenzione

- I costi futuri del consumo di energia per il nuovo cilindro sono stati calcolati ipotizzando una percentuale di incremento della spesa a partire dalla quantità dichiarata dalla casa produttrice all'acquisto e allocando i valori per gli anni di funzionamento previsti (Tabella 3.8).

ANNI DI FUNZIONAMENTO	PERCENTUALE DI INCREMENTO	COSTO TOTALE
0-4	0%	486950€
5-9	10%	535645€
10-14	20%	584340€

Tabella 3.8 Costi futuri dell'energia

3.2.4.4 Risultato finale

La proposta di sostituzione dei due cilindri di processo MAV 107-11 e MAV 606-603 con nuovo cilindro risulta conveniente poiché il Costo tecnico del servizio reso (CTSR) relativo ai due cilindri in uso è maggiore rispetto al Costo totale annuo equivalente (CTAE) del nuovo cilindro (Tabella 3.9).

CTSR MAV 107-11 E MAV 606-603	786600€
CTAE NUOVO CILINDRO	665855€

Tabella 3.9 Costi di confronto

Tale risultato è soprattutto dovuto all'elevato risparmio energetico garantito dalla nuova macchina.

3.3 Proposta di miglioramento

All'ingresso dell'area di prelavaggio una delle prima operazioni è affidata al cilindro sfalda balle il quale rompe l'imballaggio che tiene compresse le bottiglie.

3.3.1 Descrizione MAV 102 cilindro sfaldaballe

La macchina (Figura 3.3) è costituita da un cilindro rotante posto su una struttura di sostegno. Le bottiglie intere sono fatte entrare nella macchina attraverso un nastro trasportatore ed escono da una tramoggia di scarico. All'interno sono montate: un'elica per l'avanzamento del materiale, traverse in acciaio poste a croce per rompere l'imballaggio delle bottiglie che risultano compresse tra loro e derivate per provocare la ricaduta della plastica che rimane attaccata alle pareti. La rotazione è provocata da quattro ruote motrici azionate da un ingranaggio non diretto: il moto è trasmesso dal riduttore alla ruota mediante una catena.

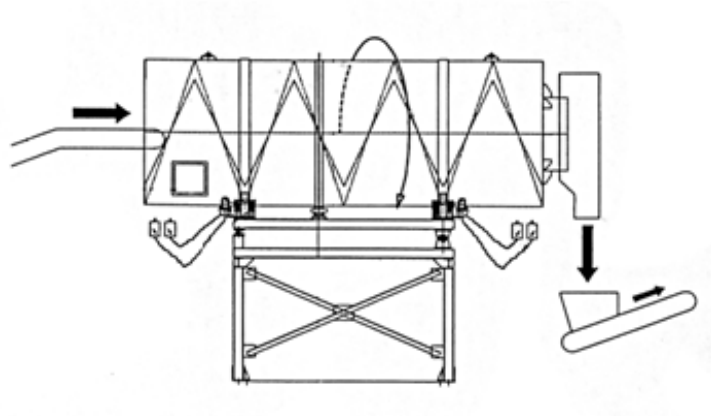


Figura 3.3 Cilindro sfaldaballe

3.3.2 Manutenzione effettuata sul cilindro sfalda balle

Gli interventi di manutenzione disposti dal servizio MTM/plamai e le misurazioni di diagnostica strumentale sul cilindro sfalda balle sono gli stessi effettuati del cilindro di processo poiché hanno caratteristiche di progetto e di funzionamento similari.

3.3.3 Analisi di criticità del cilindro sfalda balle

In data 10/11/10 si è verificata la rottura del riduttore del motore che aziona la ruota anteriore destra.

L'analisi strumentale effettuata per mezzo di accelerometri con la misura di spostamenti, velocità e accelerazioni nelle tre direzioni (orizzontale, verticale e assiale) ha evidenziato elevate sollecitazioni sul riduttore.

Lo spettro del segnale dello spostamento (Figura 3.4) evidenzia l'esistenza di una forzante esterna generata dall'irregolarità del moto della catena a bassa frequenza ($2,5\text{Hz}$) vicina alla prima frequenza propria del riduttore posta attorno ai 6Hz per cui il sistema risulta in parte eccitato nell'intorno della risonanza generando uno spostamento pari a $54\mu\text{m}$ che ripetuto nel tempo può portare ad un cedimento strutturale del riduttore per fatica.

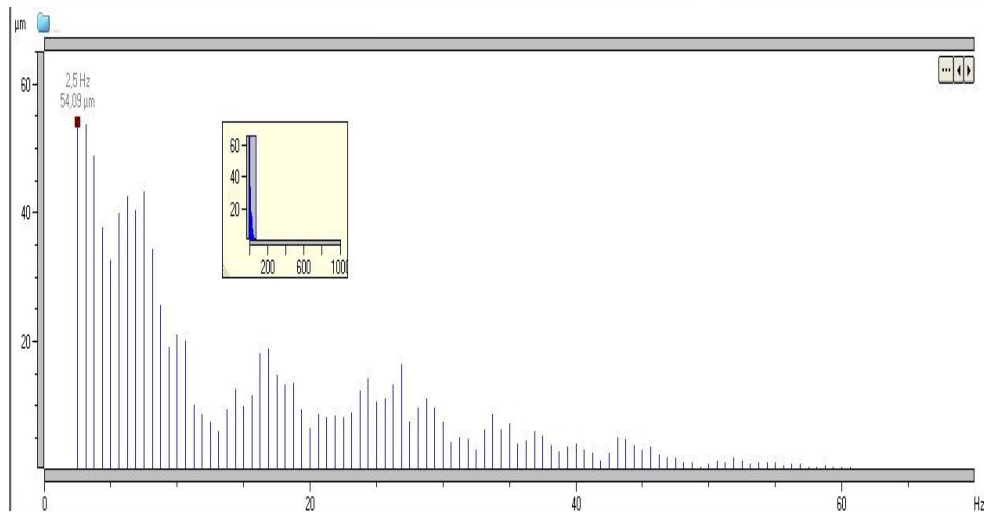


Figura 3.4 Spettro del segnale dello spostamento

Per l'identificazione delle cause di accadimento di un guasto, allo scopo di individuare le azioni più opportune per contrastarlo, può essere utile applicare il metodo dei 5 perché . Esso si realizza per passi successivi basandosi su un ciclo ripetuto di domanda e verifica fino a un massimo di cinque livelli consecutivi.

- **Livello 1:** perché si è rotto il riduttore? A causa dei carichi troppo elevati,
- **Livello 2:** perché ci sono carichi troppo elevati? A causa della presenza di forti vibrazioni,
- **Livello 3:** perché ci sono forti vibrazioni? A causa del moto discontinuo della catena,
- **Livello 4:** perché il moto della catena è discontinuo? A causa della ruota condotta sottoposta ad una coppia irregolare,
- **Livello 5:** perché la coppia è irregolare? A causa del carico variabile all'interno del cilindro che compie un'azione di rottura di un imballaggio generando forzanti casuali (si è verificata la regolarità della pista di rotolamento che non presentava usura superficiale).

3.3.4 Soluzione migliorativa proposta

Sulla base dell'analisi svolta in precedenza, risulta quindi conveniente concentrare l'attenzione sulla catena. In particolare, una soluzione efficiente potrebbe essere quella di eliminare la discontinuità del moto attraverso l'applicazione di un tendicatena (Figura 3.5).

Questo elemento è costituito da un pattino che viene spinto da una molla, il tutto serve a mantenere in tensione la catena garantendo il buon funzionamento della trasmissione: quando la catena tende ad allungarsi infatti la molla spinge in avanti il pattino recuperando così la tensione iniziale.

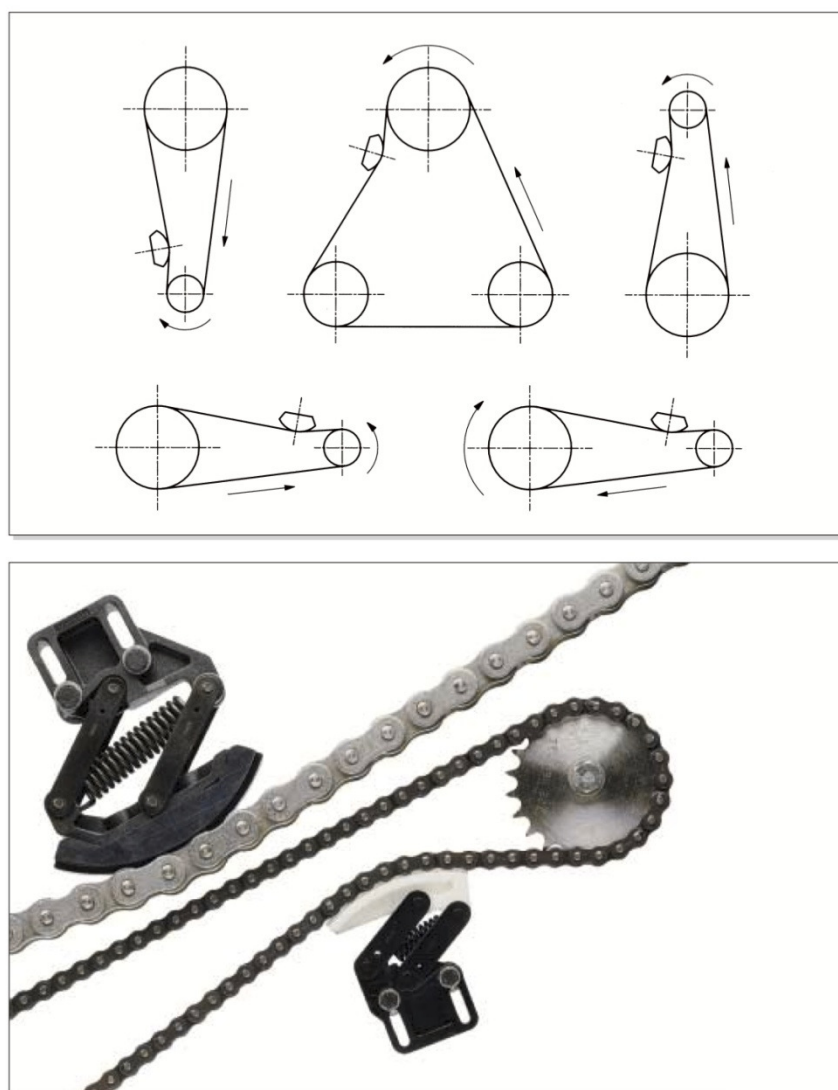


Figura 3.5 Tendicatena

Al contrario le soluzioni alternative – ovvero quella di riprogettare il cilindro o quella di diminuire la quantità di bottiglie inserite al fine di evitare i rischi indicati nel paragrafo precedente – non risultano convenienti. Infatti, per quanto riguarda la prima, il costo sovrastimerebbe certamente quello derivante dall'applicazione di un semplice tendicatena e non risulterebbe quindi economicamente vantaggioso. Allo stesso modo, anche la seconda non appare efficiente dal punto di vista finanziario, poiché richiederebbe una diminuzione del numero di bottiglie determinando, di conseguenza, un chiaro abbassamento della produttività.

4 Conclusioni

Dall'esperienza maturata nella ditta Politex è stato possibile valutare l'applicabilità dell'implementazione di un sistema informativo remoto di manutenzione in un'azienda di piccole medie dimensioni.

4.1 Aspetti positivi

I benefici nell'attività di manutenzione conseguiti con l'impiego di un sistema informativo e in particolare di plamai sono i seguenti.

- Introduzione di procedure di intervento. L'innovazione del servizio MTM/plamai è rappresentata dalla capacità di fornire un programma di manutenzione preventiva scadenziato nel tempo. La definizione di standard di intervento costituisce una solida base di partenza per intraprendere un'attività di gestione di manutenzione.
- Definizione dei carichi di lavoro. Il servizio MTM/plamai definisce in maniera precisa il carico di lavoro per ciascuna attività da svolgere, permettendo così all'Ingegneria di Manutenzione di allocare le risorse a disposizione in modo opportuno.
- Analisi dello storico dei guasti. Il sistema informativo contiene i dati necessari all'ingegneria di Manutenzione per analizzare lo stato di salute dell'impianto: individuazione delle macchine critiche e delle cause delle loro problematiche, valutazione degli obiettivi conseguiti con l'attività intrapresa ed eventuale riformulazione dell'attività.

4.2 Aspetti negativi

La scelta di introdurre un sistema informativo di manutenzione talvolta si rivela più complicata del previsto per i seguenti motivi.

- Tempi lunghi per il funzionamento a regime. A differenza della situazione precedente all'utilizzo del tool plamai dove non erano fissate delle precise attività di gestione della manutenzione, con l'introduzione del sistema informativo è stato necessario cambiare sia il modo di lavorare che le prassi consolidate. Questa fase di cambiamento, se non viene gestita correttamente, può portare ad una crisi di rigetto; perciò risulta opportuno e opportuno sensibilizzare in maniera adeguata gli operatori di manutenzione sull'efficacia delle nuove procedure.

- Scarsa dinamicità ad adeguarsi ai cambiamenti. I normali sistemi di manutenzione sono spesso delle strutture rigide, per cui risulta complicato intervenire in tempi rapidi ai cambiamenti interni all'azienda come ad esempio nel caso di mutamenti del layout dell'impianto. Al contrario, plamai è strutturato in forma interattiva, per cui risulta più veloce intervenire.
- Impossibilità di monitorare in tempo reale lo stato di salute delle macchine. Gli attuali sistemi informativi presenti sul mercato, tra cui anche plamai, non consentono la ricezione e la rielaborazione dei dati relativi al funzionamento di una macchina. Perciò risulta impossibile conoscerne il reale stato di salute degli items.

Da quanto sinora detto risulta che in un mercato caratterizzato da una crescente competitività, l'attenzione alle voci che concorrono alla generazione del costo di un prodotto costituisce un passaggio obbligato al fine di garantire continuità al business delle aziende. Per impianti a ciclo continuo, caratterizzati da grossi investimenti in macchinari e attrezzature, il mantenimento dello stato di conservazione delle macchine rappresenta una spesa tra le più importanti. La richiesta di flessibilità dei mercati non si può accompagnare con strutture verticistiche e antiquate e di conseguenza il management ha scelto di demandare all'esterno alcune attività non ritenute distintive per le proprie operations, tra le quali c'è proprio la gestione del Servizio di Manutenzione. La scelta è presa mirando a ottenere un livello di servizio superiore ad un prezzo inferiore. Il tool informatico plamai infatti, in un tale contesto, è in grado di assicurare una maggiore focalizzazione e progettualità nel campo della manutenzione con un minor costo complessivo del servizio.

Bibliografia

- Luciano Furlanetto, Marco Garetti, Marco Macchi (2007). *Ingegneria della Manutenzione – Strategie e Metodi*. Franco Angeli
- Luciano Furlanetto, Marco Garetti, Marco Macchi (2006). *Principi generali di gestione della manutenzione*. Franco Angeli
- Marco Macchi, Gianluigi Turconi (2010). *Progettare e gestire il sistema di manutenzione*. Franco Angeli
- Mensile Aiman *Manutenzione tecnica e Management*
- Materiale di www.plamai.com
- Lucidi lezione di Gestione della Manutenzione tenuto dal Prof. Garetti