



POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria
della Produzione Industriale e dell'Innovazione Tecnologica

Tesi di Laurea Magistrale

La manutenzione nell'era 4.0

*Applicazioni nell'industria cartotecnica per il miglioramento delle
performances*

Relatore

Prof. Alessandro Chiarviglio

Laureanda

Stefania Gherra Beconcini

Anno accademico 2017 – 2018

Indice

1.	Introduzione	3
2.	Azienda	4
2.1	Industrial Solutions overview	6
2.2	Filtration and Performance overview	6
2.3	Visione, missione e valori	7
2.4	Business strategy	8
3.	Lo stabilimento di Mathi (TO)	9
3.1	Il processo produttivo	11
3.1.1	Materie prime, additivi e coadiuvanti	14
3.2	Certificazioni di stabilimento	16
4.	Manutenzione	18
4.1	Tipologie di manutenzione	18
4.2	Guasti, affidabilità, disponibilità ed indicatori di manutenzione	21
4.3	Formulazione matematica	24
4.4	Manutenibilità	27
4.4.1	Caratteristiche della manutenibilità	27
4.5	Overall Equipment Effectiveness	29
4.6	Total Productive Maintenance	30
4.7	La manutenzione in Ahlstrom-Munksjö	32
4.7.1	Modalità di manutenzione	32
4.7.2	Flusso informativo all'interno del reparto manutentivo	34
4.7.3	Il modulo PM di SAP per la gestione della manutenzione	35
4.8	Progetti di automatizzazione della manutenzione	36
5.	Creazione e verifica della struttura di stabilimento su SAP	38
5.1	Reperimento delle informazioni	40
5.2	Obiettivo del lavoro di completamento della struttura SAP	41
6.	Creazione interfaccia SAP portable	42
6.1	Flusso SAP da produzione a manutenzione	42
6.2	Fasi di sviluppo dell'interfaccia	43
6.3	Caratteristiche di sviluppo dell'interfaccia	44
6.4	L'interfaccia	44
6.4.1	Sedi Tecniche	47
6.4.2	Equipments	48
6.4.3	Materiali di ricambio	49
6.4.4	Avvisi e ordini di lavoro	49
7.	Storico guasti	51
7.1	Registrazione guasti	51
7.1.1	Elaborazione del programma di storico guasti	52
7.2.1.1	Fase 1: Acquisizione delle informazioni	52
7.2.1.2	Fase 2: Elaborazione dei dati acquisiti	53
7.2.1.3	Fase 3: Algoritmo	53
7.2.1.4	Fase 4: Studio dell'output generato	54
7.2.2	Utilizzo del software nell'aggiornamento del database storico guasti	54
7.2.2.1	Registrazione nel reparto produttivo	55
7.2.2.2	Registrazione nel reparto manutentivo	56
7.2.2.3	Output finale	58
8	Conclusione	59

9	Bibliografia e sitografia	60
10	Ringraziamenti	60

Indice delle Figure:

Figura 1: Presenza Ahlstrom-Munksjö nel mondo	4
Figura 2: Suddivisione dell'azienda in Business Areas	5
Figura 3: Dettaglio dei prodotti, dei clienti e degli stabilimenti di Industrial Solutions	6
Figura 4: Dettaglio dei prodotti, dei clienti e degli stabilimenti di Filtration and Performance.....	6
Figura 5: Illustrazione del Business Model applicato dalla Ahlstrom-Munksjö	9
Figura 6: Veduta aerea dello stabilimento produttivo di Mathi	9
Figura 7: Planimetria quota 0 dello stabilimento superiore	10
Figura 8: Planimetria stabilimento inferiore	11
Figura 9: Schematizzazione processo produttivo carta Release Liners	13
Figura 10: Rappresentazione delle funzioni di supporto per la produzione della carta	14
Figura 11: Foto di una resina	15
Figura 12: Foto di balle di cellulosa stoccata in stabilimento	15
Figura 13: Diagramma a vasca da bagno	25
Figura 14: Metodo di calcolo dell'OEE utilizzato in stabilimento	30
Figura 15: Home Page interfaccia SAP Portable	45
Figura 16: Dettaglio avviso aperto dall'assistente di produzione.....	46
Figura 17: Opzioni del Manù interfaccia SAP portable	46
Figura 18: Dettaglio Sedi tecniche	47
Figura 19: Dettaglio equipments	48
Figura 20: Dettaglio materiali	49
Figura 21: Dettaglio avvisi produzione.....	50
Figura 22: Dettaglio ordini di lavoro manutenzione	50
Figura 23: Schermata esempio visualizzazione guasti	56
Figura 24: Schermata esempio nota operatori	56
Figura 25: Estratta database storico guasti	57
Figura 26: Schermata analisi guasti	59

1. Introduzione

Questo elaborato ha lo scopo di illustrare come progetti di evoluzione verso una gestione dei processi 4.0 possano intregarsi in realtà di fabbrica, fortemente focalizzate sulla produzione e sul funzionamento dei macchinari. In particolare, visti i progetti svolti durante il periodo passato nel reparto di manutenzione, la tesi si concentra su tre progetti portati avanti:

- Per il miglioramento della gestione nel collezionamento e nell'analisi dei dati relativi ai guasti, in modo da paragonare l'anno in corso con l'anno precedente, individuare componenti critici e tenere sotto controllo l'andamento delle varie tipologie di guasto
- Per l'uso del modulo PM (Plant Maintenance) del software SAP riportando la struttura dello stabilimento, pianificando gli interventi manutentivi e scaricando dal magazzino i ricambi utilizzati durante gli interventi
- Per la creazione di un'interfaccia che riporti la struttura di SAP con gli avvisi e gli ordini di lavoro in modo semplificato in modo da essere usata su dispositivi mobili quando i manutentori effettuano interventi in campo

Tutti gli sviluppi sono stati individuati da risorse interne, mediante brainstorming e incontri con lo scopo di analizzare la situazione (all'epoca) attuale, trovare gli aspetti dove era possibile migliorare ancora e ricercare soluzioni implementabili. La fase d'implementazione è sempre stata guidata dai componenti del reparto di manutenzione interno, ma per i progetti di completamento della struttura SAP e di creazione dell'interfaccia l'azienda si è avvalsa dell'aiuto di compagnie di consulenza.

Un concetto molto importante durante l'individuazione e lo sviluppo di questi progetti di manutenzione 4.0 è stato riuscire a non passare dalla necessità di miglioramento all'autoreferenzialità di dover obbligatoriamente implementare concetti lean e soluzioni digitali: per arrivare a questo risultato è stato fondamentale tenere a mente che i software, le piattaforme e, più in generale, le risorse digitali non sono altro che strumenti, il fine ultimo deve rimanere quello dell'ottimizzazione dei tempi e delle risorse impiegate e l'alleggerimento dei lavori prettamente gestionali, in modo che l'intero processo all'interno della manutenzione sia più efficiente.

La tesi si articola in 7 capitoli, che descrivono l'azienda, con una panoramica sulla visione, la missione e i valori e due tabelle esemplificative dei prodotti delle Business Areas presenti nello stabilimento di Mathi, lo stabilimento produttivo di Mathi, con un particolare focus sul

dipartimentamento manutentivo e le tipologie di manutenzione operate nel sito e i tre progetti di sviluppo 4.0 e digitalizzazione della manutenzione. Inoltre, è stato anche inserita una parte più teorica dedicata alla spiegazione delle definizioni presenti in ambito manutentivo e a dare un'idea più specifica sull'OEE e sulla Total Productive Maintenance, concetti che costituiscono la base per la gestione lean dei processi produttivi e manutentivi in azienda.

2. Azienda

Ahlstrom-Munksjö Group è una multinazionale del settore cartotecnico, la cui attività è concentrata alla produzione di carte speciali di diverse tipologie. L'azienda nasce nell'aprile 2017 dalla fusione di due aziende preesistenti (Ahlstrom e Munksjö) già consolidate nel mercato: ciò ha permesso al nuovo gruppo di essere immediatamente riconosciuto come leader mondiale di carte avanzate, sviluppate tramite tecnologie all'avanguardia. Tutte le tipologie di carta prodotte costituiscono i semilavorati o le materie prime di base per le imprese clienti del gruppo, le quali le utilizzano per le successive lavorazioni industriali, che permetteranno di arrivare al prodotto finito. Ahlstrom-Munksjö è una delle maggiori aziende cartarie a livello mondiale, essa opera con 41 siti produttivi dislocati in 14 nazioni, circa 6.000 dipendenti, un fatturato proforma di 2,15 miliardi di Euro ed una organizzazione di servizio globale, godendo nel mercato della sua posizione di forza grazie alla produzione delle carte speciali.

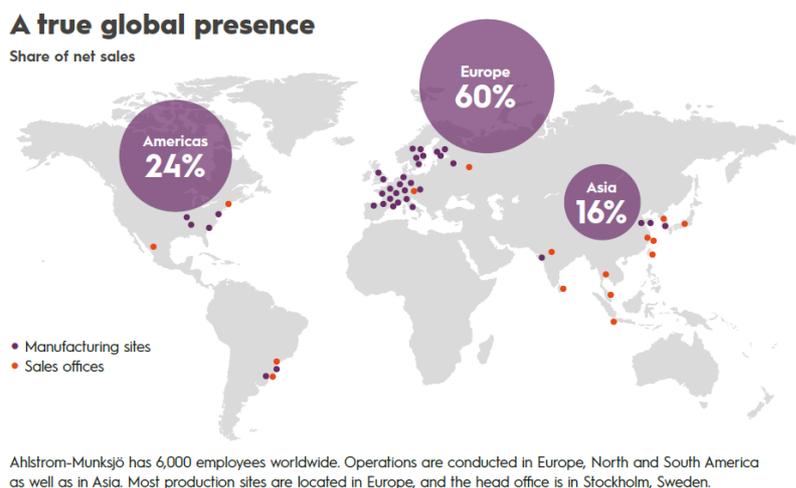


Figura 1: Presenza Ahlstrom-Munksjö nel mondo

Per la grande varietà della gamma produttiva, l'azienda al suo interno è suddivisa in Business Areas, in modo che ogni particolare segmento venga gestito in modo efficiente. Ahlstrom Munksjö è quindi così configurata:

- **Decor:** sviluppa carte versatili e ad alto contenuto tecnologico. Possono essere monocolore, un supporto di stampa o carte pre-impregnate. L'utilizzo principale consiste nella produzione di laminati e di fogli di finitura da applicare a scopo decorativo su diversi tipi di supporti. Un'altra fabbricazione seguita dalla Business Area è quella dei fogli sottili non rivestiti, utilizzati nell'industria farmaceutica per i foglietti illustrativi.
- **Filtration and Performance:** sviluppa materiali per la filtrazione di oli motore, carburanti, aria, così come filtri industriali. Produce anche fibra di vetro come strato da sottoporre alle pavimentazioni e da intervallare ad altri materiali nella fabbricazione delle pale delle turbine eoliche. Inoltre, vende al settore automotive, delle costruzioni, tessile e dell'igiene materiale tessuto-non-tessuto.
- **Industrial Solutions:** produce una vasta gamma di materiali, principalmente utilizzati in altre industrie, dove, dopo essere stati sottoposti ad altre lavorazioni, diventano prodotto finito e vengono utilizzati per il loro scopo finale. I prodotti sono supporti abrasivi, carte per isolamento elettrotecnico, release liners (retro delle etichette), fogli sottili, cellulose e carte per il bilanciamento degli olii. Sono anche presenti nelle diverse fabbricazioni carte stampabili e risme di fogli per l'arte e la pittura.
- **Specialties:** sviluppa materiali per il packaging di cibi e bevande, filtri da laboratorio e strumenti per la diagnostica scientifica. Si occupa inoltre di filtrazione dell'acqua, nastro adesivo e tessuti medicali, buste ed etichette metallizzate. È la Business areas con la maggiore varietà di prodotti e, al tempo stesso, ogni stabilimento che ne appartiene costituisce una realtà a sé stante, con alti livelli di specializzazione.



Figura 2: Suddivisione dell'azienda in Business Areas

2.1 Industrial Solutions overview

	ABRASIVE	COATED SPECIALTIES	INSULATION	RELEASE LINERS
PRODOTTI	<ul style="list-style-type: none"> • Carte base per abrasivi • Carte per pittura e disegno (marchio Arches®) 	<ul style="list-style-type: none"> • Carte per etichette autoadesive e acqua e colla (wet-glue) • Carte base per autoadesivi • Carte per packaging • Carte grafiche per scrittura e stampa 	<ul style="list-style-type: none"> • Carte per isolamento di prodotti elettrotecnici (cavi, trasformatori) • Carte protettive per vetro e metalli • Cellulosa a fibra lunga 	<ul style="list-style-type: none"> • Carte base per autoadesivi
TIPO DI CLIENTI	<ul style="list-style-type: none"> • Produttori di carte abrasive per applicazioni industriali o fai-da-te • Artisti, Stampatori, Gallerie (e distributori) 	<ul style="list-style-type: none"> • Produttori di laminati autoadesivi per applicazioni di etichettatura, grafiche autoadesive, nastri bi-adesivi • Produttori di imballaggi flessibili • Stampatori, Editori e distributori. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produttori di trasformatori e cavi ad alta tensione • Industrie produttrici di vetro, alluminio, acciaio • Produttori di carte tissue e altri prodotti igienici e sanitari 	<ul style="list-style-type: none"> • Produttori di laminati autoadesivi per applicazioni di etichettatura, grafiche autoadesive, nastri bi-adesivi • Produttori di supporti siliconati per nastri bi-adesivi, e altri materiali o componenti adesivi per applicazioni industriali o mediche
SITI PRODUTTIVI	<ul style="list-style-type: none"> • Arches, France 	<ul style="list-style-type: none"> • Jacarei, Brasil 	<ul style="list-style-type: none"> • Aspa Bruk, Sweden (specialty pulp) • Billingsfors, Sweden • Jönköping, Sweden 	<ul style="list-style-type: none"> • La Gère, France • Turin, Italy

Figura 3: Dettaglio dei prodotti, dei clienti e degli stabilimenti di Industrial Solutions

2.2 Filtration and Performance overview

	FILTRATION	NONWOVENS	BUILDING & WIND
PRODOTTI	<ul style="list-style-type: none"> • Filtri per motori: per filtraggio carburante, aria e olio • Filtri industriali: per turbine a gas e materiali industriali 	<ul style="list-style-type: none"> • Carta da parati: carta da parati decorativa e base per applicazione • Cartongesso • Materiali per la cura dell'igiene e delle ferite • Interni automotive • Salviette lavabili 	<ul style="list-style-type: none"> • Turbine a vento • Strato ammortizzante delle pavimentazioni viniliche
TIPO DI CLIENTI	<ul style="list-style-type: none"> • Automotive • Produttori di filtri per turbine a gas • Produttori di filtri per la qualità dell'aria 	<ul style="list-style-type: none"> • Produttori di carta da parati • Compagnie di stampaggio digitale • Produttori di materiali per cura dell'igiene • Produttori automotive • Industria edile 	<ul style="list-style-type: none"> • Produttori di turbine a vento • Produttori di materiali per l'edilizia
SITI PRODUTTIVI	<ul style="list-style-type: none"> • Binzhou, Cina • Fabriano, Italia • HyunPoong, Corea del Sud • Louveira, Brasile • Madisonville, USA • Tampere, Finlandia • Taylorville, USA • Torino, Italia 	<ul style="list-style-type: none"> • Brignoud, Francia • Malmedy, Belgio • Stalldalen, Svezia 	<ul style="list-style-type: none"> • Karhula, Finlandia • Mikkeli, Finlandia • Tver, Russia

Figura 4: Dettaglio dei prodotti, dei clienti e degli stabilimenti di Filtration and Performance

2.3 Visione, missione e valori

Ahlstrom-Munksjö aspira a diventare un'impresa pioniera nell'utilizzo dei materiali fibrosi per trovare soluzioni di produzione sostenibili ed innovative. L'ambizione strategica è di raggiungere una crescita sostenibile e redditizia in determinati segmenti del mercato globale delle soluzioni fibrose, che mostri una tipologia di output positivo e sia supportato da market drivers a loro volta sostenibili.

In quest'ottica, risulta fondamentale la collaborazione con i fornitori e con i clienti, in modo che, insieme, si arrivi ad un successo di tipo globale.

La visione dell'azienda trova i suoi capisaldi nella sostenibilità e nell'innovazione: nella compagnia vige una politica di sostenibilità incentrata su 3 principali aree di operazione:

- Persone: in particolare, tutela dei diritti umani, benessere dei dipendenti, etica del business (localmente e globalmente)
- Pianeta: assicurandosi che le materie prime siano estratte in maniera responsabile, le politiche di estrazione delle fibre naturali utilizzate promuovono delle pratiche agricole sostenibili. Allo stesso modo, vengono controllati con particolare cura i consumi energetici (specialmente di risorse idriche), gli sprechi e le emissioni di CO₂.
- Prosperità: concentrandosi sulla crescita della redditività a lungo termine, aumentando l'efficienza operativa e innovando le tecniche di produzione e di lavoro.

L'innovazione e il continuo cambiamento verso pratiche operative sono viste come condizioni necessarie per raggiungere gli obiettivi di redditività e crescita definiti dalla Corporate.

La missione può essere riassunta come la volontà di espandere il ruolo delle soluzioni basate sull'uso di fibre nelle scelte quotidiane, per una vita sostenibile. Ahlstrom-Munksjö persegue quest'obiettivo abbinandolo all'applicazione di diversi valori, tra cui:

- Combinando impegno, dedizione e prioritizzazione
- Comportandosi come un'unica entità e, al tempo stesso, dando potere ai singoli
- Migliorando ed innovando

2.4 Business strategy

Ahlstrom-Munksjö detiene una posizione di leader di mercato in diverse aree, tra cui materiale per la filtrazione dei motori, release liner in Europa, supporti abrasivi, carte per l'isolamento elettrotecnico, carte decorative, materiali per le bustine di thé, nastro adesivo di carta e carte per la produzione artistica.

Per l'ampia varietà di business, la crescita è necessariamente individuata nella combinazione tra un'espansione organica, supportata da un continuo sviluppo dell'offerta di prodotti attualmente esistente, l'introduzione di nuove ed innovative soluzioni e acquisizioni adeguatamente selezionate. La forte posizione finanziaria della compagnia può garantire larghe acquisizioni strategiche, in modo che l'azienda possa espandersi geograficamente e indirizzare la propria catena di valore verso determinati settori. Un altro strumento di valore per una crescita redditizia adottato da Ahlstrom-Munksjö è l'ottimizzazione del prezzo e del mix di prodotto, la quale permette di minimizzare i costi, massimizzando i profitti.

L'azienda offre una chiara proposta di valore ai suoi clienti, attraverso prodotti di alta qualità: ciò risulta possibile grazie all'elevata tecnologia sviluppata, al profondo know-how e ai numerosi servizi (vendita e post-vendita) offerti. Come già sottolineato nella descrizione della visione, Ahlstrom-Munksjö vuole ampliare il ruolo dei materiali di origine fibrosa, attraverso lo sviluppo dell'innovazione. Grazie a questa visione strategica, l'obiettivo da raggiungere è l'affermazione dell'azienda nel settore come pioneria nell'utilizzo di materiali fibrosi in modo innovativo. Altro punto di forza, che permette un vantaggio rispetto ai competitors, è la possibilità di adattarsi alle esigenze dei clienti anche per piccole serie, fornendo specifiche soluzioni richieste dalla clientela.

Il modello operativo, diviso in Business Areas, promuove la decentralizzazione e le singole responsabilità locali: la responsabilità dei profitti e delle perdite arriva fino al livello delle Business Unit. Ahlstrom-Munksjö è costruita su una cultura forte e condivisa, che permette di avere un alto grado di flessibilità.

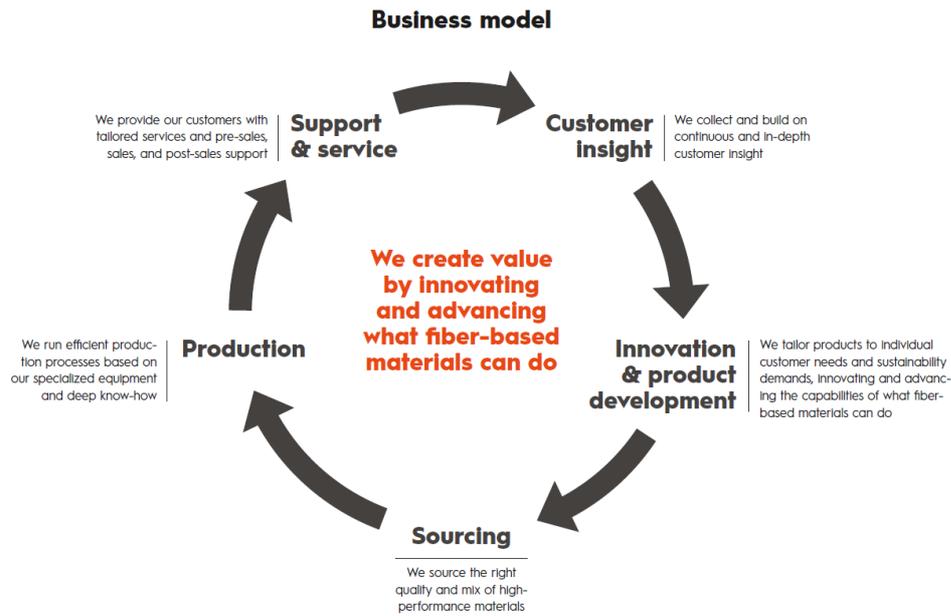


Figura 5: Illustrazione del Business Model applicato dalla Ahlstrom-Munksjö

3. Lo stabilimento di Mathi (TO)

L’impianto di produzione preso a riferimento, dove sono state implementate le attività di miglioramento della pianificazione della manutenzione e l’uso di strumenti digitali per la gestione degli interventi, è sito nel Torinese, a Mathi, a circa 35 km dalla città di Torino in direzione Nord Ovest.



Figura 6: Veduta aerea dello stabilimento produttivo di Mathi

L'attività produttiva è stata orientata verso le seguenti tipologie di prodotto:

- carta filtro per applicazioni in campo automobilistico, per la realizzazione di filtri aria, olio e carburante per automezzi e per impianti (es. gas-turbine, impianti di depolverizzazione, ecc.)
- carta tessuto-non-tessuto per applicazioni in campo automobilistico nella filtrazione di carburanti diesel e di olio di nuova generazione e nella filtrazione industriale di liquidi (acque potabili ed industriali, solventi, oli, prodotti farmaceutici ed alimentari) e di aria (gas-turbine, impianti di depolverizzazione, condizionamento ambientale)
- carta base da siliconare per etichette autoadesive (Release).

La conformazione del sito industriale presenta due stabilimenti distinti:

- Lo stabilimento detto "Superiore", in cui sono situate quattro macchine continue, due calandre, tre bobinatrici, la centrale termoelettrica e gli impianti di trattamento delle acque di scarico



Figura 7: Planimetria quota 0 dello stabilimento superiore

- Lo stabilimento detto "Inferiore", in cui si trovano una macchina continua, tre macchine impregnatrici, sette bobinatrici ed una linea per la produzione di tessuti-non- tessuti denominata Fine Fiber.



Figura 8: Planimetria stabilimento inferiore

Questi, sebbene siano collocati allo stesso indirizzo, risultano fisicamente separati, pur mantenendo connessioni strutturali e logistiche legate a servizi fondamentali quali ad esempio la gestione della risorsa idrica, dell'energia o dell'approvvigionamento/spedizione materiali.

3.1 Il processo produttivo

La produzione della carta comprende numerose operazioni, che si possono suddividere schematicamente in tre fasi principali:

1. Preparazione dell'impasto
2. Formazione del nastro continuo di carta
3. Finitura ed allestimento.

Nella prima fase del ciclo produttivo la cellulosa viene lavorata in grandi mixer in modo da ottenere una miscela di acqua e cellulosa. L'impasto così ottenuto, prima di giungere in macchina, viene lavorato meccanicamente, additivato con prodotti chimici, depurato ed ulteriormente diluito.

Nella seconda fase, la sospensione fibrosa così ottenuta viene stesa in velocità sulla tela di formazione della macchina continua per produrre il foglio di carta. La tela di formazione, una larga cinghia chiusa ad anello, ha la funzione di far drenare una buona parte dell'acqua contenuta nell'impasto, favorendo nello stesso tempo l'unione tra le fibre di cellulosa. Al termine di tale percorso, il foglio di carta assume una consistenza tale da poter passare dalla tela alla sezione presse (coppie di cilindri contrapposti che hanno la funzione di schiacciare, ad elevata pressione, il

foglio di carta) per permettere l'eliminazione di un'ulteriore parte di acqua. Successivamente sulla superficie del foglio di carta vengono applicati speciali trattamenti in grado di conferire al prodotto finale le proprietà desiderate. La carta, in uscita da un'ulteriore fase di asciugatura, viene avvolta su un'anima metallica creando una bobina. La carta così prodotta sulla macchina continua viene avviata alla calandratura, processo che consiste nel passaggio della carta attraverso una serie di cilindri in pressione e riscaldati, in modo da ottenere il consolidamento del trattamento superficiale precedentemente applicato in superficie.

Alcuni tipi di carta filtro possono essere sottoposti ad una successiva fase di impregnazione con resine disperse in solvente per il conferimento delle proprietà filtranti richieste, seguita dal passaggio in batterie di forni per l'eliminazione del solvente e per la polimerizzazione delle resine.

Nel caso della carta base da siliconare la bobina viene, invece, avviata alla calandratura, processo che consiste nel passaggio della carta attraverso una serie di cilindri in pressione e riscaldati per poter ottenere la "vetrificazione" del trattamento superficiale applicato in macchina continua.

La fase finale del processo produttivo termina con la fase di allestimento in cui la carta viene tagliata nei formati richiesti dal cliente ed imballata.

Le tre macchine continue TUR01, TUR03, TUR04 e TUR05 sono dedicate alla produzione di carta filtro; la macchina ottava, TUR08, produce carta base da siliconare.

La linea produttiva Fine Fibers (TUR09) è dedicata alla fabbricazione e all'accoppiamento di tessuti non tessuti (TNT), materiali di fibra sintetica che possono avere funzioni filtranti, assorbenti o alternative a materiali tessili. La formazione dello strato di tessuto-non- tessuto viene realizzato mediante un processo di soffiaggio di fibre di materiale plastico. Il velo così formato può essere depositato su un materiale base, o in alternativa, su un tappeto di formazione e diventare un materiale singolo. L'accoppiamento dei materiali è realizzato mediante il passaggio degli stessi in una calandra.

La linea produttiva, appartenente alla Business Area di Industrial Solutions, che produce carta Glassine di supporto alle etichette è costituita da una macchina continua, due calandre, tre bobinatrici, una stazione di imballaggio ed un magazzino carta pronta, per lo stoccaggio del prodotto finito in attesa della spedizione. Nella figura successiva è riportato lo schema di flusso del processo produttivo.

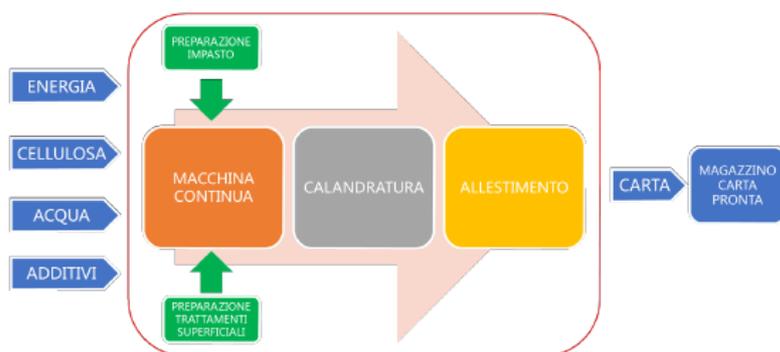


Figura 9: Schematizzazione processo produttivo carta Release Liners

Per permettere il completamento del processo produttivo illustrato nel diagramma precedente è necessaria una serie di attività ausiliarie, atte a garantire l'approvvigionamento di acqua e di energia, la depurazione degli scarichi, il controllo e la gestione del processo produttivo. Le principali sono:

- Laboratori
- Manutenzione
- Trattamento acque in ingresso
- Centrale termoelettrica
- Trattamento depurazione acque
- Area rifiuti
- Uffici e servizi

Alcune attività di servizio sono assegnate ad imprese esterne (outsourcing), sulle quali l'Ahlstrom-Munksjö esercita il controllo. Altre attività quali la produzione di energia elettrica e di vapore, l'approvvigionamento idrico e di materie prime sono invece gestite internamente. Per quel che riguarda le attività manutentive, queste vengono per lo più gestite attraverso l'utilizzo di personale interno all'azienda ma in caso di risorse umane insufficienti si ricorre all'esternalizzazione. Con il passare del tempo, l'utilizzo dell'outsourcing nella manutenzione si è standardizzato: durante le fermate programmate, vengono esternalizzati sempre le stesse tipologie di intervento, in questo modo è possibile concentrare le risorse interne e formare i nuovi manutentori su attività specifiche, che andranno a compiere spesso, così da impararle più

velocemente. Questa divisione degli interventi si è mostrata ottimale, perché fa sì che, da una lato, le imprese esterne possano essere reclutate in base alla loro specificità, così che eseguano poche tipologie di lavori differenti, ma con la massima professionalità e, dall'altro, il personale interno possa concentrarsi su attività per cui è necessaria una profonda conoscenza dell'impianto (necessaria anche per poter intervenire in caso di guasto).



Figura 10: Rappresentazione delle funzioni di supporto per la produzione della carta

3.1.1 Materie prime, additivi e coadiuvanti

La carta è un intreccio fibroso di cellulosa contenente numerose sostanze aggiunte in fase di preparazione dell'impasto o di patinatura superficiale con lo scopo di conferirle particolari proprietà chimico - fisiche.

La cellulosa, componente principale della carta, è un polisaccaride il cui monomero è la molecola di glucosio legata per mezzo di legami β -glucosidici. La presenza di ossidrili superficiali nella cellulosa, formano ponti idrogeno con le molecole d'acqua, caratteristica dannosa per alcune tipi di carte; per questo motivo può essere aggiunta una sostanza che limiti la penetrazione dei liquidi acquosi, quali per esempio inchiostri.

L'impermealizzazione nel caso della Glassine, si effettua con:

- Collatura in impasto secondo il metodo classico: miscela di "Resinato", ovvero una saponificazione della colofonia (resina di conifere vegetale gialla e solida) addizionata ad un'agente precipitante e ritentivo quale Solfato di alluminio (molecola presente nel minerale denominato allume del cartai).



Figura 11: Foto di una resina

- Trattamento superficiale: uno strato impermeabilizzante viene applicato in Optimizer, così da evitare l'assorbimento della soluzione siliconica e della colla applicata dai clienti. Sui cilindri applicatori e quindi sui due strati della carta, viene depositato Amido e una Miscela polimerica a base di PVOH sulle superfici della carta.

La cellulosa utilizzata proviene principalmente dalla Scandinavia e dal continente americano. Le cellulose acquistate sono sbiancate dai rispettivi produttori nelle loro pulp mill con processi TCF/ECF (Total/Elementar Chlorine Free). Il trattamento a cui le cellulose sono sottoposte non prevede l'utilizzo di cloro molecolare e sono a basso impatto ambientale.



Figura 12: Foto di balle di cellulosa stoccata in stabilimento

La carta in stabilimento viene prodotta in tre colorazioni differenti, dosando un mix di colori nell'impasto cellulosico usando pigmenti e dispersioni:

- Violetto: necessario per la produzione di carta bianca

- Giallo: necessario per la produzione di carta gialla (che costituisce la maggiorparte di produzione dello stabilimento)
- Rosso: necessario per la produzione di carta TS (tinta salmone, richiesta da un solo cliente)

A questo mix, vengono inoltre aggiunti prodotti chimici atti a stabilizzare il processo produttivo:

- Antischiuma: riduce l'aria nell'impasto per limitare difettosità e fenomeni di cavitazione
- Biocidi: Evitano la proliferazione batterica in ambiente acquoso
- Biodispersanti: Evitano l'agglomerarsi di sporco nelle tinte di stoccaggio dell'impasto cellulosico

Possiamo concludere il riassunto delle materie prime utilizzate, considerando il metano come uno di esse: è, infatti, necessario a produrre energia e vapore, elementi indispensabili per la raffinazione della cellulosa e per le fasi di rimozione dell'acqua e di asciugatura del foglio di carta, che inizia una volta depositato l'impasto sulla tavola piana.

Altri prodotti chimici utilizzati come prodotti ausiliari sono:

- i prodotti per il trattamento delle acque in ingresso (bentonite, flocculanti, coagulanti e biocidi), ed in uscita (soda e acido solforico per il controllo del pH, acido fosforico e ammoniaca per il nutrimento dei fanghi biologici) e per il trattamento dell'acqua utilizzata dalla centrale termoelettrica (acidi cloridrico e soda per la rigenerazione delle resine a scambio ionico, agenti anticorrosione);
- i prodotti utilizzati durante i lavaggi degli impianti produttivi (soda, prodotti schiumogeni).

Nel Dipartimento dei prodotti chimici l'Organizzazione si propone di utilizzare, ove tecnicamente possibile, sostanze e preparati caratterizzati dalla minore pericolosità possibile nei confronti dell'ambiente e del personale adibito alla loro manipolazione.

3.2 Certificazioni di stabilimento

Lo stabilimento della Alstrom-Munksjö Italia S.p.A. ha ottenuto la certificazione UNI ISO 9001 per la realizzazione, in di un sistema di gestione della qualità relativamente alle modalità di conduzione dei processi aziendali, al miglioramento dell'efficacia e dell'efficienza nella realizzazione del prodotto e nel perseguire ed incrementare la soddisfazione e la fidelizzazione del cliente. Questa certificazione apporta numerosi benefici all'azienda, tra cui:

- Valutazione sistematica del rischio e delle opportunità, per gettare le basi corrette per le decisioni strategiche

- Adozione di un modello organizzativo basato sull'integrazione dei processi per il miglioramento delle performances
- Maggiore abilità a soddisfare i requisiti richiesti dai clienti, attraverso una migliore conoscenza e un maggior controllo dell'azienda
- Riduzione dei costi associati all'inefficienza delle attività
- Definizione delle responsabilità e dei percorsi di crescita delle persone impiegate
- Trasparenza nei confronti dei mercati di riferimento

L'azienda gode anche di una politica ambientale molto attenta, per questo Ahlstrom-Munksjö Italia S.p.A. ha ottenuto nel maggio 2013 la certificazione secondo la norma UNI EN ISO 14001 che fissa i requisiti di un "sistema di gestione ambientale", standardizzando l'approccio delle aziende verso uno sviluppo sostenibile. Il Sistema di Gestione Ambientale (SGA) è fondato sul processo dinamico e ciclico del miglioramento continuo che si realizza nelle fasi di pianificazione, attuazione, controllo e riesame della Direzione. Al fine di garantire il rispetto della normativa in materia ambientale, l'Organizzazione valuta costantemente la propria conformità legislativa, così come specificato nella Politica Ambientale. Il Dipartimento HSE (Salute, Sicurezza e Ambiente), attraverso un'apposita procedura, garantisce la gestione, la registrazione ed il continuo aggiornamento delle disposizioni normative in campo ambientale a livello comunitario, nazionale e locale. A ciò si aggiunge la valutazione preliminare delle prescrizioni legislative e autorizzative nel caso vengano introdotte nuove attività e/o processi all'interno dell'Organizzazione.

L'azienda ha ottenuto la volturazione dell'Autorizzazione Integrata Ambientale per lo svolgimento delle attività IPPC individuate dalla Direttiva 96/61 sulla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento. Le attività autorizzate sono la fabbricazione di carta e cartone con produzione superiore a 20 t/giorno (cod. 6.1 b), la produzione di energia e calore per impianti di combustione di potenza termica di combustione maggiore ai 50 MW.

Inoltre, la Politica di sostenibilità ambientale, di sensibilità verso la comunità locale e le pubbliche autorità hanno portato l'Ahlstrom-Munksjö ad aderire volontariamente al Regolamento EMAS (Eco-Management and Audit Scheme), impegnandosi pubblicamente nel miglioramento delle prestazioni ambientali. La registrazione EMAS è stata ottenuta nel dicembre 2005 e rinnovata nel marzo 2011 sotto la ragione sociale della Ahlstrom Italia, dopo la riunificazione delle due aziende è stato necessario registrarsi nuovamente, per via del cambio di ragione sociale. La nuova registrazione sotto il nome di Ahlstrom-Munksjö è avvenuta a Dicembre 2017.

Sempre parlando di sostenibilità ambientale, l'Ahlstrom-Munksjö ha ottenuto le certificazioni FSC e PEFC. Il FSC (Forest Stewardship Council) è uno schema di certificazione in grado di garantire al consumatore che il prodotto è realizzato con materiale proveniente da foreste gestite correttamente dal punto di vista ambientale, sociale ed economico. Si sviluppa su due livelli: Certificazione Forestale e Certificazione della Catena di Custodia. Il PEFC (Programme for Endorsement of Forest Certification schemes) è un programma di riconoscimento degli schemi di certificazione forestale nazionali. Si basa su una larghissima delle parti interessate all'implementazione della gestione forestale sostenibile a livello nazionale e regionale: proprietari forestali, consumatori finali, utilizzatori, liberi professionisti.

Ahlstrom-Munksjö Italia ha ottenuto, inoltre, il rilascio della certificazione secondo la norma OHSAS 18001 per il sistema di gestione della salute e sicurezza dei lavoratori ed impronta la propria politica ad una azione molto attenta ed orientata sia sulla cultura della sicurezza sia sulla prevenzione e protezione del lavoratore.

Infine, da gennaio 2015, l'azienda ha intrapreso il progetto di Behaviour Based Safety.

4. Manutenzione

La manutenzione è definita dall'AFNOR come l'insieme di azioni che permettono di mantenere o ristabilire un bene in uno stato specificato o in modo di assicurarne un servizio determinato. Lo stato è specificato dal costruttore in fase di progetto e in fase di elaborazione dal libretto d'uso e manutenzione. Poiché le attrezzature degli impianti produttivi sono soggetti ad usura ed invecchiamento, l'efficienza dei macchinari viene compromessa: lo scopo delle attività di manutenzione è quello di rallentare il decadimento delle attrezzature, tenendole sotto controllo ed eseguendo revisioni e riparazioni.

4.1 Tipologie di manutenzione

Le moderne tecniche di manutenzione sono organizzate su due livelli:

- Manutenzione professionale: svolta da addetti con una specifica formazione e funzione.

Questa tipologia di manutenzione si suddivide ulteriormente in:

- o Manutenzione correttiva (non programmata)
- o Manutenzione preventiva (programmata)

- Manutenzione predittiva (programmata)
- Manutenzione autonoma da parte degli operatori: svolta direttamente dagli operatori macchina e incentrata sul mantenimento e l'incremento della produttività. In questo caso, il primo livello di diagnosi è costituito dalle sensazioni che ha l'operatore nei confronti della macchina: lavorando a stretto contatto con i macchinari, gli operatori diventano molto esperti sul funzionamento degli stessi e, di conseguenza, sono in grado di individuare i problemi appena si formano. Una sua evoluzione consiste nella Total Productive Maintenance (TPM), tipologia di manutenzione volta al miglioramento generale dell'impresa attraverso l'estrema efficienza del sistema produttivo visto nella sua globalità.

La manutenzione correttiva avviene solo quando il guasto si è già manifestato: gli addetti sostituiscono o riparano i componenti difettosi dopo aver identificato il problema per riportare il macchinario ad uno stato di accettabilità, si aspetta che la macchina abbia compiuto il suo totale ciclo di vita prima di effettuare l'intervento. È la tipologia di manutenzione più classica: viene effettuata quando non c'è un'analisi di storico guasti in corso o quando l'analisi non si è verificata efficace e non ha evidenziato il guasto come critico/altamente probabile. Le ragioni economiche alla base di questa scelta sono:

- La manutenzione che si applica al macchinario è molto costosa, per cui conviene effettuarla solo a guasto avvenuto
- Il numero di guasti che occorrono è molto basso, quindi conviene aspettare e dare priorità ad altri componenti
- Il malfunzionamento non compromette l'intera produzione o non incide negativamente sui profitti

La manutenzione preventiva consiste in fermate della produzione programmate per effettuare lavori di manutenzione urgenti. Il dipartimento di manutenzione analizza la vita dei componenti della macchina e programma gli interventi manutentivi basandosi sui dati a disposizione: il libretto del fornitore, lo storico componente e lo storico dei guasti generali della macchina; in questo modo sarà possibile individuare le priorità e pianificare gli interventi necessari. Gli interventi sono quindi effettuati secondo criteri prestabiliti, con lo scopo di prevenire il guasto. Vengono individuati e misurati uno o più parametri ricavando dei dati, che sono poi estrapolati ed analizzati secondo modelli appropriati, per ricavare la vita residua del componente prima del guasto. Si agisce, quindi, sulla probabilità che la macchina o un suo componente non siano in condizioni accettabili. Al suo interno è suddivisa in:

- Ciclica: manutenzione preventiva periodica basata su cicli di utilizzo predeterminati; è un tipo di manutenzione programmata, ovvero eseguita in accordo con un piano temporale stabilito, espresso secondo i cicli di utilizzo più significativi per il tipo di macchinario e di produzione che si sta prendendo in considerazione.
- Su condizione: manutenzione preventiva subordinata al raggiungimento di un valore limite di funzionamento del componente predeterminato.
- Predittiva: manutenzione preventiva effettuata a seguito dell'individuazione e della misurazione di uno o più parametri e dell'estrapolazione secondo i modelli appropriati del tempo residuo prima del guasto.

La manutenzione predittiva è un tipo particolare di manutenzione preventiva: infatti, essa dà priorità ad alcuni interventi piuttosto che ad altri, basandosi su analisi del comportamento della macchina. Personale qualificato analizza, grazie all'ausilio di attrezzatura specializzata, lo stato di usura dei componenti e, in base ai risultati ottenuti, dà le linee guida per programmare gli interventi. Questo tipo di manutenzione si basa sul fatto che i macchinari, prima di guastarsi, forniscano degli avvertimenti: il manutentore, che conosce bene la macchina, programma il suo intervento basandosi sui segnali ricevuti dai macchinari e successivamente analizzati. Un esempio classico è l'auscultazione dei cuscinetti, mediante uno strumento (es. Microlog di SKF) è possibile sentire le vibrazioni dei cuscinetti in movimento e, di conseguenza, capirne lo stato d'usura.

La scelta del tipo di manutenzione dipende da diversi fattori, sicuramente alla base della decisione c'è un'attenta analisi dei costi: se, da una parte, è vero che la manutenzione a guasto può generare elevati costi, dall'altra è anche vero che effettuare le analisi per una manutenzione preventiva o predittiva può risultare altrettanto costoso, così come la scelta di sostituire un componente prima che questo sia arrivato al suo fine vita. In generale, i parametri da prendere in considerazione per la scelta della tipologia di manutenzione da applicare in azienda sono:

- Tasso di guasto: misura del numero di guasti che si sono verificati in un determinato periodo
- Costo della manutenzione preventiva
- Costo di mancanza per man. preventiva
- Costo globale della man. preventiva= costo man. preventiva + costo mancanza per man. preventiva
- Costo della manutenzione accidentale
- Costo di mancanza per la man. accidentale

- Costo globale della man. accidentale= costo man. accidentale + costo mancanza per man. accidentale
- Costo d'ispezione

Di qualsiasi tipo di manutenzione si tratti, i suoi scopi principali sono:

- Assicurare che macchinari, impianti ed attrezzature siano sempre efficienti e permettano di raggiungere gli obiettivi di produzione
- Prevenire rotture e declassamento di macchinari, impianti ed attrezzature evitando periodi di indisponibilità, i quali compromettono la produzione provocando perdite
- Produrre in continuo al minor costo possibile

Esiste poi un'ulteriore tipologia di manutenzione cosiddetta migliorativa, che è volta a diminuire la criticità di funzionamento di un macchinario e a migliorarne la manutenibilità allo scopo di aumentare l'efficienza e ridurre i costi di manutenzione senza incrementare il valore patrimoniale. Consiste nel totale delle attività manutentive che hanno come scopo sia il ripristinare l'efficacia funzionale ed operativa dei beni patrimoniali, sia il miglioramento dell'efficacia, portando in tal modo un allungamento della vita utile del bene. Il focus riguarda la scelta delle politiche di manutenzione, la sostituzione dei pezzi nel modo più ottimale possibile, la standardizzazione dei cicli e dei metodi di intervento, con il fine ultimo di migliorare l'efficacia e l'efficienza dei metodi e dei criteri manutentivi per incrementare l'affidabilità e la manutenibilità degli impianti. Per arrivare a questo risultato sono necessarie ottime conoscenze tecniche, un'attenta analisi dei guasti e del sistema nell'ottica di disponibilità e conservazione del patrimonio aziendale, una verifica dei piani di manutenzione e d'investimento per gli interventi di modifica proposti e un attento controllo del budget per gli aspetti tecnico/economici.

4.2 Guasti, affidabilità, disponibilità ed indicatori di manutenzione

Generalmente, con il termine **guasto** si intende la cessazione dell'attitudine di un'entità ad eseguire la funzione richiesta, che, in termini pratici, comporta una variazione delle prestazioni dell'entità su cui è avvenuto il guasto, rendendola inservibile per l'uso alla quale era destinata. Il guasto è un evento che comporta l'avaria, ovvero lo stato di non funzionamento.

È possibile distinguere tra due tipi di guasto:

- Guasti parziali, determinano una variazione delle prestazioni tale da non compromettere del tutto il funzionamento;
- Guasti totali, causano una variazione delle prestazioni tale da impedire del tutto il funzionamento.

Il guasto può anche avere conseguenze differenti a seconda della tipologia di sistema in cui avviene:

- Sistema in serie: il guasto di un componente blocca il funzionamento dell'intero sistema
- Sistema in parallelo (ridondanza semplice): se un componente si guasta, gli altri possono continuare a lavorare
- Sistema a ridondanza sequenziale: i componenti sono posti in parallelo e raddoppiati, quando uno si guasta entra in funzione il componente sostitutivo

L'**affidabilità** di un impianto viene descritta come attitudine di un dispositivo a compiere una funzione richiesta secondo le condizioni di utilizzazione e per un periodo di tempo determinato ed è misurata come probabilità. La funzione richiesta costituisce la soglia limite per determinare il grado di affidabilità di un sistema: in alcuni casi tale soglia è ben definita, quando lo stato di avaria implica la mancanza di affidabilità, mentre in altri bisogna individuare arbitrariamente il limite oltre il quale il componente viene considerato guasto.

Un fattore che influenza fortemente l'affidabilità di un componente è la condizione di utilizzo, per questo quando si definisce il grado di affidabilità bisogna tenere in considerazione diverse caratteristiche dell'ambiente esterno:

- Immagazzinamento
- Trasporto ed installazione
- Clima
- Utilizzatore
- Manutenzione
- Inquinanti

L'affidabilità (R) è una funzione decrescente nel tempo, ovvero più aumenta la durata di funzionamento, maggiore è la probabilità che il componente si guasti.

$T \rightarrow R(T)$: intervallo di tempo che intercorre tra 2 guasti consecutivi; $R(t)$: probabilità che non ci sia un guasto tra 0 e T.

$$\int_0^{\infty} t * R(t) dt$$

È una media pesata di valori interi, descrive il tempo medio di funzionamento (μ_{tf}).

La **disponibilità** indica la capacità di un sistema di essere tenuto in uno stato di funzionamento. La disponibilità può anche essere considerata “di servizio”, ovvero come un’attitudine a svolgere un servizio, sotto gli aspetti combinati delle prestazioni che sono necessarie e della disponibilità del sistema realizzato per fornirle, che deve essere assicurato entro limiti di tolleranza e in condizioni specificate, su richiesta dell’utente. Il concetto di disponibilità tiene conto delle prestazioni desiderate e della probabilità che si verifichi un determinato fenomeno che comprometta la disponibilità: in un sistema composto da più macchine si possono avere diversi scenari, a seconda della disponibilità delle singole macchine e ad ognuno dei possibili stati viene assegnato un livello di prestazione. Riguardo al livello di prestazione, è importante definirne il livello richiesto per poter discriminare correttamente tra lo stato di funzionamento e lo stato di guasto. L’obiettivo della disponibilità è trovare un bilanciamento tra i costi di non disponibilità (ovvero di quei periodi in cui non si produce) e i costi delle attività non produttive (come la manutenzione) volte all’aumento della disponibilità.

Se si rappresenta la vita di un sistema come un susseguirsi di tempi medi di funzionamento (UT) e tempi medi in cui i macchinari sono fermi (DT), la disponibilità è vista come la frazione di vita in cui il sistema è effettivamente in grado di funzionare e produrre secondo le specifiche.

I due modi per misurare la disponibilità sono quindi:

$$A(t) = \frac{UT}{UT + DT}$$

$$A(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

I principali **indicatori di manutenzione** sono:

- MTTF (Mean Time To Failure): indicatore del tempo medio che intercorre fino al manifestarsi del guasto

- MTBF (Mean Time Between Failure): indicatore del tempo medio che intercorre tra due guasti consecutivi: è il reciproco del tasso di guasto (λ).
- MTTR (Mean Time To Repair): tempo medio impiegato per eseguire una riparazione, che si articola in due sotto indici
 - MTTM (Mean Time To Maintain): tempo medio di manutenzione preventiva e correttiva al netto delle attese logistiche
 - MDT (Maintenance Down Time): include anche il MTTM, descrive il tempo totale necessario per rilevare il guasto
- MTBM (Mean Time Between Maintenance): tempo medio che intercorre tra due fermate di manutenzione.

4.3 Formulazione matematica

Si supponga di sottoporre ad una prova di funzionamento N elementi identici (tutti nelle stesse condizioni di utilizzazione) e se ne misuri il tempo di funzionamento: sebbene gli elementi siano identici, le durate di funzionamento si distribuiranno lungo l'asse del tempo. Misurando quanti continuano a funzionare con il passare del tempo, si ottiene una distribuzione dei tempi di funzionamento ad intervalli costanti di tempo. Considerando la variabile casuale t definita come tempo che intercorre tra l'istante di inizio della prova di affidabilità ed il momento in cui l'elemento si guasta, si possono definire le seguenti funzioni.

Densità di probabilità di guasto:

$$f(t) = \frac{ng(t)}{N}$$

Se per ogni t si determina il numero di guasti che si verificano ($ng(t)$), la funzione probabilità di guasto si ricava rapportando il suddetto valore al numero N di elementi che fanno parte della prova. Questa funzione rappresenta la probabilità che un elemento che sia stato avviato in $t=0$ subisca un guasto nell'intervallo infinitesimo di tempo $t \rightarrow dt$.

Inaffidabilità:

La funzione inaffidabilità – funzione cumulata della probabilità di guasto – si ricava integrando la funzione probabilità di guasto $f(t)$ tra gli estremi $(0, t)$:

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

Essa rappresenta la probabilità che un elemento che sia stato avviato in $t=0$ sia in stato di avaria in t , cioè abbia subito un guasto in un istante t^* tale che: $t^* \leq t$.

L'integrale indica la probabilità che il mio componente non raggiunga t (ovvero che si sia guastato prima).

Affidabilità:

La funzione affidabilità si ricava ricordando che ogni elemento può assumere solo due stati, tra loro mutuamente esclusivi, di funzionamento o di avaria e che la somma delle probabilità di tutti gli stati è pari all'unità:

$$R(t) = 1 - F(t)$$

Essa rappresenta la probabilità che un elemento che sia stato avviato in $t=0$ sia funzionante in t , cioè non abbia subito alcun guasto nell'intervallo $0 \rightarrow t$.

È il complemento a 1 della funzione

$$F(t) = 1 - R(t)$$

Tasso di guasto:

La funzione tasso di guasto rappresenta una probabilità condizionata e si ricava dividendo la funzione densità di probabilità di guasto per l'affidabilità; in tal modo si ottiene il numero di rotture nell'intervallo $t \rightarrow t+dt$ rapportato al numero di elementi funzionanti in t :

$$\lambda(t) = -\frac{1}{R(t)} * \frac{dR(t)}{dt}$$

Essa rappresenta la probabilità che un elemento avviato in $t=0$ e sopravvissuto fino a t subisca un guasto nell'intervallo infinitesimo di tempo $t \rightarrow t+dt$.

$1/R(t)$ = numero di funzionanti

$dR(t)/dt$ = decremento numero di funzionanti in un intervallo dt , rappresenta quindi il numero di guasti in dt .

Diagramma a vasca da bagno

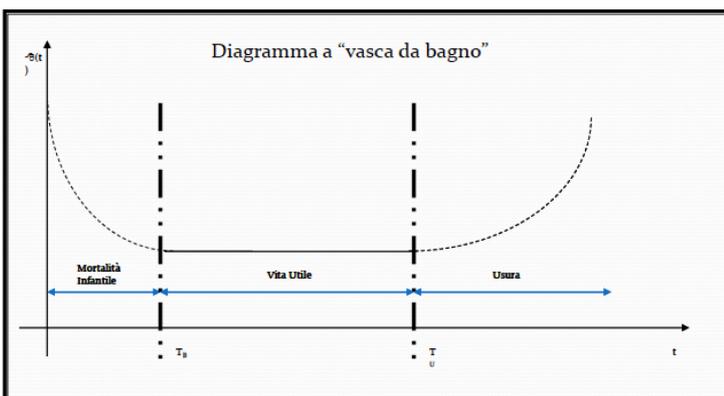


Figura 13: Diagramma a vasca da bagno

Il diagramma a vasca da bagno rappresenta la vita utile di un componente o di un macchinario in relazione con il suo tasso di guasto. L'asse delle ascisse riporta il tempo, mentre quello delle ordinate il tasso di guasto.

- **Mortalità infantile (o rodaggio):** il tasso di guasto decresce rapidamente. In questa fase, vengono eliminati o modificati i componenti di cui si sono riscontrati grossi difetti in fase di progettazione o in fase d'assemblaggio. Una delle cause di un'alta difettosità può essere l'errata scelta dei materiali da utilizzare. I componenti più deboli vengono eliminati a causa di guasti dovuti a difetti di produzione o assemblaggio.
 - $\lambda(t)$ (misura dello scostamento del processo di fabbricazione dalla perfezione): è decrescente fino a stabilizzarsi ad un valore pressoché costante nel punto TB.
 - $R(t)_{res}$ (ovvero l'affidabilità residua): è crescente.
- **Vita utile:** questa porzione di grafico rappresenta il campo dei guasti casuali. Il tasso di guasto è costante, così come l'affidabilità residua. In questa fase, si manifestano piccole imperfezioni nel processo.
 - $\lambda(t)$: è costante fino al punto TU.
 - $R(t)_{res}$ (ovvero l'affidabilità residua): è costante.
- **Usura:** in questa parte si assiste ad un progressivo degrado del bene, conseguentemente il tasso di guasto cresce in modo rapido. L'usura si manifesta unicamente per scorrimento tra le parti metalliche dei componenti. I guasti sono causati dall'usura, che a sua volta deriva dalla degradazione del prodotto, il quale è stato progettato per una determinata durata di funzionamento, oltre la quale non è più garantito il corretto esercizio.
 - $\lambda(t)$: è crescente.
 - $R(t)_{res}$ (ovvero l'affidabilità residua): è decrescente.

Funzione di Weibull

La funzione di Weibull si usa nell'analisi affidabilistica come modello della funzione tasso di guasto, perché permette di rappresentare facilmente le tre zone che caratterizzano il diagramma a vasca da bagno. Infatti, è una distribuzione di probabilità continua definita su numeri reali positivi e descritta da due parametri: η e β .

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} * \frac{t - t_0^{\beta-1}}{\eta}$$

- B: è il parametro di forma.
 - Se $\beta < 1$, allora $\lambda(t)$ è decrescente
 - Se $\beta = 1$, allora $\lambda(t)$ è costante
 - Se $\beta > 1$, allora $\lambda(t)$ è crescente
- H: è il parametro di scala
- t_0 : è la vita minima garantita, per $t < t_0$ il tasso di guasto vale $\lambda(t) = 0$.

4.4 Manutenibilità

Per manutenibilità si intende: in condizioni di utilizzazione date, l'attitudine di un'entità ad essere mantenuta e/o ristabilita in uno stato nel quale essa può svolgere la sua funzione richiesta (non necessariamente allo stato iniziale) quando la manutenzione è svolta in condizioni date e con procedure e mezzi prescritti. In termini pratici, significa che la manutenzione dev'essere effettuata secondo le istruzioni fornite dal costruttore utilizzando pezzi di ricambio originali, solo in questo modo è garantito il ristabilimento del corretto funzionamento da parte del fornitore.

Secondo la definizione di manutenibilità, gli interventi di manutenzione possono avere due finalità differenti:

- **Mantenere:** è lo scopo dell'intervento di manutenzione preventiva, che è finalizzata a mantenere le condizioni della macchina, in modo che non si guasti nell'immediato futuro
- **Ristabilire:** è lo scopo dell'intervento di manutenzione correttiva, che si occupa di correggere il guasto avvenuto. A sua volta si suddivide in due tipologie:
 - Ristabilire allo stato iniziale: il componente viene riportato alle condizioni stabilite dal costruttore, anche se sono obsolete rispetto alla tecnologia attuale
 - Ristabilire in modo che funzioni correttamente: il componente viene riportato ad un generico stato di funzionamento, che tiene conto della progressione tecnologica che garantisce la fornitura della prestazione richiesta

4.4.1 Caratteristiche della manutenibilità

Accessibilità - Si intende la semplicità di accedere ai componenti manutenibili, punti di ispezione semplici da raggiungere o facilità di raggiungere il componente durante qualsiasi intervento di manutenzione. Viene

ridotto il tempo di intervento, quindi si riducono i tempi in cui la macchina da mantenere rimane ferma. Questa caratteristica, di non facile attuazione, è possibile solo per alcuni componenti della macchina, ma la tendenza è quella di rispettarla per le parti che richiedono maggior manutenzione.

Estraibilità - Simile all'accessibilità, indica la facilità di rimuovere un componente dalla sua sede, senza dover rimuovere altre parti meccaniche limitrofe. Oltre a ridurre i tempi di intervento meccanico grazie alla maggior semplicità di dover rimuovere un unico pezzo meccanico, riduco anche il rischio di danneggiamento dovuto alla manipolazione di altre componentistiche non coinvolte nella manutenzione.

Manipolabilità - Si può riassumere questa caratteristica nella facilità di trasporto, gli elementi che compongono questa caratteristica sono forma e peso del componente, ma risultano anche impattanti le caratteristiche chimico fisiche, come la tossicità del materiale. Al diminuire della manipolabilità corrisponde un incremento del tempo di intervento, infatti maggiori sono gli strumenti da dover utilizzare e più alto è il rischio di avere un aumento dei fermi impianto derivante dalla sovrapposizione di lavori dove risulta indispensabile lo stesso strumento.

Pulibilità - Indica la facilità con cui un componente può essere pulito, accessibile ed individuabile. Maggiore è la pulizia del componente e più bassa sarà la possibilità che sia nascosta una deriva dello stesso; Questa maggior accessibilità all'ispezione aiuta così a ridurre il tempo tra due interventi manutentivi.

Modularità- Indica la composizione di un componente in sotto gruppi; componenti più piccoli che uniti compongono il meccanismo in grado di funzionare singolarmente. Questa caratteristica permette di semplificare la manutenzione parziale del componente, consentendo l'intervento a personale non specializzato in loco per piccoli interventi o per smontare il componente, così da spostare la revisione completa del componente in officine specializzate, procedimento più rapido.

Intercambiabilità - Si definisce intercambiabile un ricambio che può rimpiazzare il precedente componente senza che vi sia la necessità di un intervento di adattamento. Si definisce adozione di uno standard la tendenza ad uniformare più possibile le parti intercambiabili sullo stesso impianto. Questo processo, riduce sia il tempo di intervento, grazie alla facilità di reperire i ricambi e sia nella riduzione dei magazzini. Inoltre risulta più semplice la formazione del personale specializzato che dovrà intervenire sempre su pezzi simili.

Testabilità - Viene definito testabile un componente che può essere monitorato direttamente da uno strumento di misura. Durante un test è possibile verificare la funzionalità del componente identificando eventuali anomalie. Il supporto di questa caratteristica è fondamentale, quando le tempistiche di intervento sono elevate, aiuta infatti a valutare per tempo la deriva di performance e pianificare gli interventi manutentivi, riducendo così i fermi impianto.

4.5 Overall Equipment Effectiveness

L'OEE misura la percentuale di efficacia del processo produttivo, è un metodo per valutare la performance produttiva, ma anche per identificare possibili limitazioni. Rappresenta il rendimento globale di una o più risorse produttive durante il tempo nel quali sono disposte a produrre. L'OEE è rappresentata da una funzione che prende in considerazione tre fattori: Disponibilità, Prestazione e Qualità.

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

Per disponibilità qui si intende la percentuale dell'effettivo tempo di attività rispetto a quello disponibile per produrre; la prestazione indica la percentuale di parti prodotte rispetto alla potenzialità teorica, quando l'impianto è attivo (anche definibile come differenza tra velocità effettiva e velocità nominale); il termine qualità è riferito alla percentuale di pezzi conformi rispetto alla totalità dei pezzi prodotti.

In formule:

$$\text{Disponibilità} = \frac{\text{Tempo programmato di produzione} - \text{Tempo di fermata inaspettata}}{\text{Tempo programmato di produzione}}$$

$$\text{Prestazione} = \frac{\text{Tempo ciclo} \times \text{Pezzi processati}}{\text{Tempo totale di produzione}}$$

$$\text{Qualità} = \frac{\text{Prodotti processati} - \text{Prodotti da rilavorare}}{\text{Prodotti processati}}$$

In definitiva, l'OEE è un numero adimensionale che prende in considerazione le tre principali categorie di perdite di produzione, ovvero: i guasti, set-up ed attrezzaggi, la riduzione di velocità e le microfermate e gli scarti, le rilavorazioni e le perdite di rendimento a seguito degli avviamenti.

Nello stabilimento di Mathi, il calcolo dell'OEE è così configurato:

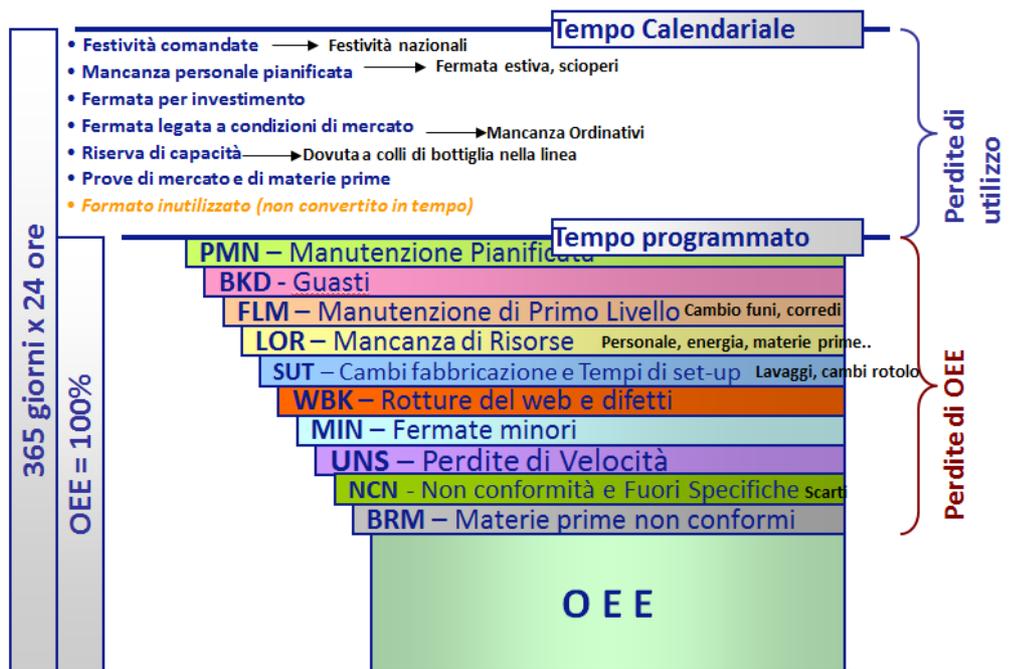


Figura 14: Metodo di calcolo dell'OEE utilizzato in stabilimento

4.6 Total Productive Maintenance

Il TPM è un sistema produttivo che punta a raggiungere la massima efficienza aziendale. Il focus dell'applicazione del TPM, garantendo la massima efficienza degli impianti, è aumentare l'affidabilità dei macchinari concentrandosi su ciò che costituisce l'attività degli operatori, dei manutentori e dei tecnici di processo. Conseguentemente, i costi sostenuti per mantenere gli impianti saranno ridotti e l'OEE aumenterà. L'implementazione consiste nell'applicazione di diverse tecniche, che coinvolgono le politiche di manutenzione, la gestione del magazzino ricambi e la pianificazione degli interventi, in un'ottica di riduzione degli sprechi. Per riuscire ad ottenere il risultato sperato è fondamentale il coinvolgimento operativo di tutte le figure aziendale, passando dalla dirigenza fino agli operatori, direttamente implicati nello svolgimento delle attività secondo i criteri del TPM.

Gli obiettivi della manutenzione TPM sono sintetizzati dai cosiddetti 5 zero olimpici:

- zero guasti
- zero difetti
- zero scorte

- zero ritardi
- zero scritturazioni

Inoltre, un altro obiettivo è legato alla valorizzazione di un ambiente di lavoro sicuro, concentrandosi sulla sicurezza promuovendo il target di arrivare a:

- zero incidenti

La diminuzione dei costi come conseguenza dell'implementazione della manutenzione TPM si giustifica perché:

- Ridurre il numero di guasti, diminuendo i costi diretti ed indiretti, causati dai fermi macchina
- Ridurre il numero di difetti porta ad una riduzione dei costi di non qualità, in quanto il raggiungimento di buoni livelli di qualità è strettamente legato all'alta efficienza dei macchinari
- Ridurre la dimensione delle scorte di ricambi implica ridurre il costo dell'immobilizzo dei capitali. Inoltre, un'efficiente ed efficace politica di manutenzione porta ad un aumento della disponibilità delle attrezzature, per questo è possibile sbilanciarsi verso scorte di semilavorati minori, riducendo il work in progress e il lead time
- Ridurre i ritardi significa diminuire i costi dovuti a penali per ritardate consegne ed il costo di mancata produzione (per fermate inaspettate)
- Ridurre le scritturazioni implica ridurre i costi amministrativi

Tutto ciò è realizzabile tramite l'ottica TPM instaurando corrette politiche di interazioni tra operatori ed attrezzature, ponendo il focus e la corretta attenzione sulle attività a valore aggiunto volte a produrre e a migliorare lo stato attuale.

Dal punto di vista prettamente manutentivo, il TPM accentua la manutenzione proattiva e preventiva per massimizzare l'efficienza operativa delle apparecchiature. Viene resa meno evidente la distinzione tra i ruoli di produzione e manutenzione, ponendo una forte enfasi sulla abilità degli operatori per contribuire a mantenere le attrezzature, in quanto massimi esperti nel funzionamento degli impianti produttivi. La responsabilità del corretto funzionamento viene quindi condivisa tra i due reparti, incoraggiando tutte le figure coinvolte ad una maggiore partecipazione nell'andamento delle performances aziendali.

In termini pratici, l'approccio tradizionale TPM trova le sue basi nelle 5S (acronimo giapponese per descrivere le attività di rimozione materiali non utilizzati, ordine, pulizia e standardizzazione) come fondamenta e in otto attività di sostegno (a volte indicate come pilastri).

4.7 La manutenzione in Ahlstrom-Munksjö

La manutenzione ricopre un ruolo chiave in azienda, conferma pertanto di essere una delle facility indispensabili a garantire il risultato del processo industriale. La missione di tale reparto è quella di garantire il funzionamento in condizioni ottimali di tutti gli impianti produttivi, contribuendo dunque ad aumentare l'efficienza dell'intero sistema aziendale.

Lo staff dei manutentori viene suddiviso principalmente in due categorie, in accordo con la tipologia di interventi che questi si trovano a dover affrontare:

- Meccanici
- Elettricisti e strumentisti

Anche la centrale termica è sotto la giurisdizione del reparto manutentivo. Questi sono responsabili delle operazioni manutentive sia per lo stabilimento Superiore che per quello Inferiore. Gli addetti, quando vengono chiamati tramite apparati ricetrasmittenti operano sia in reparto, intervenendo direttamente sui macchinari rotti o sui pezzi da sostituire, sia in officina. L'officina è un'area riservata e dedicata ai lavori dei manutentori quando questi devono riparare gli strumenti prelevati dalle macchine di processo.

4.7.1 Modalità di manutenzione

Le modalità di manutenzione attuate dagli operatori sono le seguenti:

- Manutenzione a rottura: in questo caso si interviene solo quando la macchina entra in avaria. Possono verificarsi, a volte, inconvenienti secondari che portano ad un incremento dei tempi passivi imprevisti.
- Manutenzione preventiva: si ha quando la macchina o parti di essa vengono verificate regolarmente indipendentemente dalle loro condizioni. Questa modalità non riduce soltanto l'eventualità di una rottura catastrofica, ma consente anche di ordinare in tempo i ricambi e di programmare il personale e gli interventi per le fermate previste.

Pur essendo migliore del funzionamento a rottura, è costosa causa dei forti tempi passivi originati dalle verifiche talvolta non necessarie e dal fatto che insieme a parti danneggiate si sostituiscono anche parti ancora utilizzabili.

- **Manutenzione predittiva:** è il processo secondo cui si determinano le condizioni del macchinario mentre è in funzione, il che consente di intervenire sui problemi di un componente prima che si verifichi una rottura. Con la manutenzione predittiva l'analisi del macchinario assume contemporaneamente due aspetti: di previsione e di diagnosi. Tale modalità manutentiva è responsabilità del personale interno poiché ha una conoscenza più profonda, basata sull'esperienza, degli impianti presenti all'interno dello stabilimento. I parametri che vengono controllati sono riportati di seguito:

- **Temperatura**

Le temperature anomale sono spesso indice di guasto della macchina pertanto attraverso termometri e termocamere si va alla ricerca e dunque alla misura dei punti caldi ritenuti atipici.

- **Velocità**

Essendo le macchine progettate per funzionare ad una data velocità, qualsiasi variazione di questo parametro può compromettere il processo globale.

- **Visivo**

Se presenti, anche il controllo visivo dello stato di una macchina permette di individuare anomalie. Gli strumenti utilizzati per ispezionare la macchina sono stroboscopi ed endoscopi, il primo utilizzato per congelare visivamente il movimento di una macchina per consentire l'ispezione durante il funzionamento di particolari come pale di ventilatori, giunti e trasmissioni a cinghia, il secondo invece permette di accedere all'area di interesse smontando una minima parte, con conseguente risparmio di tempo e denaro.

- **Suono**

Suoni anomali che fuoriescono dalle macchine spesso indicano che qualcosa non funziona. Attraverso l'utilizzo di uno stetoscopio l'operatore può individuare la fonte del suono e consentire al tecnico di identificare il problema.

- **Vibrazione**

Vibrazioni anomale sono spesso il primo segno di un potenziale cedimento della macchina. Tali vibrazioni possono essere causate da condizioni quali sbilanciamento, disallineamento, gioco di componenti, di componenti in rotazione dei cuscinetti e danno agli ingranaggi. Attraverso questa ispezione si possono rilevare molti problemi seri in fase precoce, consentendo di intraprendere le operazioni correttive in modo tempestivo.

- Condizioni del lubrificante

Per mantenere la condizione ottimale nei cuscinetti degli elementi volventi, è essenziale che il lubrificante sia in buone condizioni. Il controllo della condizione dell'olio o del grasso ad intervalli regolari può ridurre i fermi macchina non programmati e prolungare di gran lunga la vita dei componenti in rotazione dei cuscinetti.

4.7.2 Flusso informativo all'interno del reparto manutentivo

È importante fornire una panoramica sul flusso generale delle attività di manutenzione in Ahlstrom-Munksjö. I primi cinque punti elencati sono gli input che possono originare un intervento di manutenzione. Il primo input ha origine nell'area produttiva e gli altri dal reparto di manutenzione:

1. Richiesta dalla produzione: l'area produttiva richiede un intervento di manutenzione.
2. Storia della manutenzione: in conformità ai dati manutentivi storici è possibile pianificare un'attività di manutenzione. Conoscendo la durata media della vita dei componenti, i planner di manutenzione decidono quali sono i lavori inderogabili da effettuare nelle fermate impianto programmate: a questi verranno poi aggiunti tutti gli interventi che si rendono necessari dopo ulteriori analisi.
3. Su guasto: la manutenzione, in questo caso, è conseguente ad un guasto avvenuto su una macchina.
4. Ispezione: l'ispezione rappresenta una delle più importanti attività di manutenzione, perché permette di rilevare eventuali guasti e, di conseguenza, pianificare un'attività di manutenzione preventiva o migliorativa.
5. Preventiva: può essere generata dai controlli, come già detto, o da un programma delle attività di prevenzione al guasto.

L'analisi degli input alla manutenzione porterà eventualmente a validarli: un input validato diventa un Work Order (Ordine di lavoro) che non è nient'altro che una disposizione di carattere operativo che prescrive le attività (di riparazione, controllo, taratura, lubrificazione, sostituzione) necessarie allo svolgimento degli interventi programmati. Successivamente al rilascio dei Work order, questi sono fisicamente consegnati ai manutentori e viene controllata la disponibilità dei materiali. Se tutte le risorse sono disponibili, il Work Order generato diventa un intervento. Se la causa del problema è stata individuata ed il problema risolto l'ordine di lavoro viene chiuso; in caso contrario, resta aperto e saranno necessari altri interventi fino alla risoluzione del problema. Un elevato numero di interventi giornalieri, la presenza di un ampio magazzino ricambi e la quantificazione dei costi presentano spesso notevoli problemi di gestione; per tale motivo il reparto manutentivo si avvale di uno specifico tool per la gestione del flusso informativo interno.

4.7.3 Il modulo PM di SAP per la gestione della manutenzione

Dal 2016 l'azienda utilizza un Sistema Informativo che supporta la gestione integrata di tutte le aree dell'azienda: SAP. L'impresa, con questo software, ha integrato tutti i processi aziendali, da quelli creatori di valore (vendita, produzione, acquisti) a quelli infrastrutturali (amministrazione, marketing, gestione delle risorse umane). Tutte le figure aziendali che possiedono un account d'accesso al software dispongono così, in modo trasparente, delle informazioni necessarie per compiere le proprie attività. PM (acronimo inglese di Plant Maintenance – “Manutenzione Impianti”) è il termine con il quale si identifica il modulo dell'applicazione software che supporta il sistema informativo per la gestione della manutenzione, integrato con l'Enterprise Resources Planning (ERP) aziendale. La manutenzione richiede una gestione informatizzata, perciò ogni asset è identificato da un codice alfanumerico all'interno dell'azienda e nel modulo SAP-PM. A ogni codice sono associate una descrizione della macchina e delle sue caratteristiche tecniche. Un “asset” è l'unità elementare, interna all'azienda, caratterizzata da un proprio ciclo di vita, da sottoporre alle attività di manutenzione ed è:

- univocamente identificata all'interno dello stabilimento da un codice specifico (etichetta);
- identificabile all'interno dell'Asset Tree della Ahlstrom-Munksjö (struttura che intende

individuare, per ogni equipment/impianto, la posizione fisica, le sue principali caratteristiche ed il suo stato (in uso - non in uso));

- ulteriormente dettagliato e scomposto nelle sue componenti (“assieme” - materiale di ricambio per un dato equipment) per la manutenzione.

I livelli dell’Asset Tree sono:

- Stabilimento: con cui si intende un complesso di capitali, di macchine, mezzi e addetti atti a sfruttare risorse materiali ed energetiche per la realizzazione di prodotti finiti, in atto pratico: il complesso atto alla produzione di carta “filtration” e quello invece di carta “release”.
- Linea: identifica la linea correlata rispettivamente ai processi di preparazione impasti, produzione, allestimento ed imballo
- Sede tecnica
- Equipment: identifica il singolo organo meccanico che forma parte dell’intera macchina
- Assieme: è l’unità elementare indivisibile, sostanzialmente classificata come pezzi di ricambio per gli equipment e sede tecnica

L’unità elementare scelta dall’azienda come livello ultimo di dettaglio dell’albero è, dunque, il singolo pezzo di ricambio per l’equipment, scelta atta per orientare le strategie di manutenzione in modo più mirato.

4.8 Progetti di automatizzazione della manutenzione

La Ahlstrom-Munksjö ha avviato nel 2016 numerosi progetti di sviluppo, automazione e digitalizzazione, tra cui la gestione degli accessi in stabilimento, la gestione delle materie prime in ingresso e della spedizione del prodotto finito, nonché la gestione di tutti gli aspetti legati alla manutenzione. L’innovazione e lo sviluppo di sistemi di gestione automatizzati e di facile utilizzo sono diventati di vitale importanza negli ultimi anni, tanto da risultare criterio essenziale per la sopravvivenza dell’azienda in un ambiente industriale dove, per aumentare i margini di profitto e l’appetibilità dell’azienda agli occhi dei clienti, vengono utilizzati i metodi più diversi, che vanno dal

rapporto con i fornitori, ai progetti globali di miglioramento continuo. Le ragioni principali dietro alla necessità di innovare il sistema di gestione della manutenzione sono:

- Il mantenimento della competitività
- La semplificazione del lavoro dei dipendenti
- La necessità di utilizzare le tecnologie disponibili e di sfruttare tutti il potenziale presente in azienda, che altrimenti costituirebbe uno spreco
- La diminuzione del tempo dedicato ad attività senza valore aggiunto.

In merito alla gestione della manutenzione, l'obiettivo è stato quello di estendere l'utilizzo dell'ERP aziendale (SAP) alla gestione di tutti gli aspetti legati alla manutenzione: attualmente lo stabilimento si trova in fase di implementazione, dopo aver dedicato alcuni mesi alla formazione dei manutentori sull'utilizzo dei diversi software lanciati.

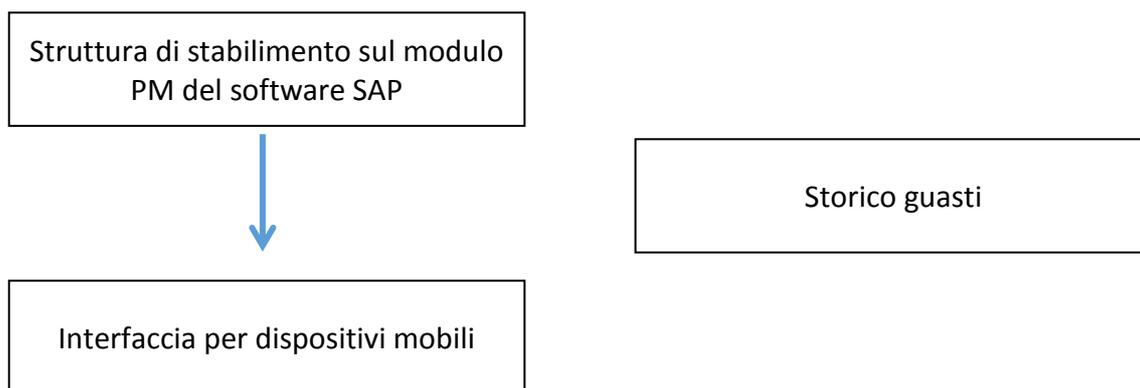
Il progetto prevede infatti di utilizzare SAP al fine di pianificare tutte le attività di manutenzione preventiva e predittiva, nonché di richiedere gli interventi di manutenzione a guasto, misurare gli indicatori di manutenzione (ancora in fase di sviluppo, data la difficoltà nell'individuare dei KPI rilevanti per il monitoraggio dell'efficienza degli interventi manutentivi), registrare gli interventi effettuati, ed effettuare tutte le analisi ed i report attraverso il sistema SAP. Il sistema è anche utilizzato per la gestione completa del magazzino ricambi: sul software vengono registrate le entrate a magazzino e tramite la segnalazione dell'intervento anche le uscite, in modo da avere un bilancio dei ricambi presenti sempre aggiornato. Si intende in tal modo migliorare l'efficacia degli interventi manutentivi, ottimizzare le risorse ed i tempi di lavoro e, in ultima analisi, migliorare l'efficienza degli impianti produttivi. È possibile dividere questo progetto di digitalizzazione della gestione della manutenzione in tre step consecutivi:

- Sviluppo della struttura tecnica delle macchine presenti in stabilimento su SAP, con conseguente verifica, catalogazione ed inserimento nella stessa dei ricambi ed equipment di manutenzione presenti all'interno di magazzini centrali e periferici
- Sviluppo di un'interfaccia necessaria per l'utilizzo di SAP su dispositivo di tipo mobile: che possa essere utilizzato sia dalla produzione (per aprire gli avvisi di necessario intervento e segnalare azioni necessarie) sia dalla manutenzione (per scaricare dai magazzini i pezzi di ricambio utilizzati in tempo reale e notificare la conclusione intervento immediatamente)
- Sviluppo di un nuovo strumento gestionale per la classificazione e analisi dei guasti di manutenzione

Il raggiungimento degli obiettivi prefissati, per ognuna delle parti su elencate, ha implicato numerosi incontri e sopralluoghi atti a studiare nel dettaglio gli impianti presenti in stabilimento e le strategie manutentive a ciascuno associate; inoltre, altri meeting, invece, sono stati finalizzati allo studio dei flussi gestionali ed organizzativi che contraddistinguono la manutenzione, incrociando le competenze di tutti i partecipanti con le esigenze del reparto, in modo da trovare soluzioni realmente efficaci e durature.

Inoltre, in parallelo alla stabilizzazione della struttura del modulo PM di SAP e allo sviluppo della piattaforma per dispositivi mobili, è stato sviluppato un ulteriore progetto per il monitoraggio dei guasti e degli interventi effettuati: lo storico guasti digitale, che consiste in un database, che riporta le informazioni salvate sul software di gestione della produzione aziendale, da cui vengono creati grafici e statistiche sull'andamento dei guasti sui diversi impianti paragonando l'anno in corso con l'anno corrente.

Riepilogando i progetti di automatizzazione della gestione della manutenzione in un'ottica 4.0 sono i seguenti:



5. Creazione e verifica della struttura di stabilimento su SAP

La verifica, catalogazione ed inserimento di ricambi ed equipment presenti nei due stabilimenti è il punto di partenza per rendere quanto più efficiente possibile l'utilizzo del software gestionale interno. È necessario che la struttura di SAP sia fedele alla reale configurazione dell'impianto poiché qualsiasi incongruenza tra le due parti si tradurrebbe in una perdita di informazioni ed una cattiva gestione informatica del lavoro svolto. La strategia adottata per il perseguimento di tale obiettivo si compone delle seguenti parti:

- Sopralluogo sull'impianto volto alla registrazione di tutte le pompe, motori, riduttori e cilindri realmente installati sulle singole linee produttive
- Recupero della distinta base e del disegno tecnico di ognuno degli equipment presi in esame, da poter allegare alla sede tecnica corrispondente
- Verifica, sul sistema gestionale, della presenza e della corretta posizione di installazione degli equipment precedentemente registrati dopo aver completato la fase di sopralluogo precedentemente descritta
- La fase finale consta nell'allegare il disegno tecnico non solo alla sede tecnica o equipment in esame, ma anche a tutti quelli con simili caratteristiche: in molti casi, dove non è stato possibile reperire il disegno puntuale di un determinato equipment, si è deciso di allegarne uno che rappresentasse un diverso elemento con struttura e caratteristiche simili, in modo da agevolare comunque il lavoro dei manutentori

Tale strategia è stata applicata per ogni equipment installato sulla linea produttiva per entrambi gli stabilimenti (superiore ed inferiore).

Le criticità presentatesi in questo progetto sono state essenzialmente due: la prima legata all'ingente numero di sedi tecniche ed equipment presenti nei due stabilimenti produttivi, la seconda riguardante al reperimento delle informazioni (disegno e distinta base) per gli equipment più datati ancora oggi installati nell'impianto. Inoltre, i sopralluoghi hanno evidenziato delle differenze tra la reale struttura delle macchine produttive e delle installazioni presenti in stabilimento e la struttura rappresentata sul software di gestione aziendale. Conseguentemente, è stato necessario contattare i consulenti esterni, tecnici SAP, che supportano l'impresa nell'utilizzo e nell'ampliamento del software, per poter adeguare ciò che era rappresentato con la realtà delle macchine.

I macchinari censiti e registrati su SAP sono i seguenti:

Stabilimento Superiore	Stabilimento Inferiore
PM8	PM1
PM3	Linea Fine-Fiber
PM4	Impianto di Raffinazione
PM5	Impregnatrice 1
Calandre KWF e VOITH	Impregnatrice 2
Bobinatrici 637, 638, 639, 624 e 623	Impregnatrice 3
Carriponte	Impianto di preparazione resine
Impianto di Raffinazione	Laminatrice 3
Cucina Patine	Bobinatrici 521, 526 e 527
Imballo 640	Impianto acque fresche
Centrale termica	

5.1 Reperimento delle informazioni

Dopo aver effettuato i sopralluoghi necessari a censire la struttura dell'impianto e a conoscere gli equipment installati sulle linee produttive, si è passati alla fase di reperimento delle informazioni necessarie per completare il profilo tecnico dei componenti (montati sulle macchine e in magazzino ricambi) sul software aziendale.

I canali di reperimento delle informazioni sono stati essenzialmente 3:

- Ricerca dei disegni (con annessa distinta base) in forma digitale sulle cartelle condivise nella rete aziendale
- Contatto con i fornitori dei componenti di più recente installazione per richiedere le informazioni in forma digitale, in modo da completare l'archivio il più possibile: così, in futuro con la sostituzione degli equipment più datati, sarà possibile avere un archivio digitale costantemente aggiornato e completo
- Ricerca dei disegni e delle distinte base (talvolta separati) in forma cartacea, catalogati in diverse parti dell'azienda, per poi scannerizzarli ed allegarli come immagini alla struttura di SAP

Si è cercato di allegare nel maggior numero di casi il dettaglio sottoforma di documento digitale per cominciare ad avere una libreria sulla rete aziendale di facile accesso e gettare le basi per mantenere questo tipo di struttura anche in futuro. Nei casi dei componenti più vecchi, ma ancora installati sulle macchine, non è stato possibile contattare il fornitore per ricevere le informazioni, per cui si è reso necessario allegare agli equipment di SAP la scannerizzazione dei documenti cartacei. Anche così il riscontro è stato positivo, in quanto la possibilità di vedere il disegno tecnico e la lista dei pezzi che compongono l'equipment costituiscono un prezioso aiuto per il lavoro dei manutentori.

5.2 Obiettivo del lavoro di completamento della struttura SAP

Questo lavoro di verifica, ampliamento, catalogazione e completamento della struttura dello stabilimento su SAP si inserisce in un contesto più ampio di digitalizzazione del reparto manutentivo. Si tratta, infatti, di un'attività propedeutica allo sviluppo di un'interfaccia per dispositivi mobili del software per il sistema di gestione. Durante la fase di progettazione e creazione dell'interfaccia ci si è resi conto che senza avere una base solida, che descrivesse in maniera precisa e puntuale la realtà del sito produttivo, l'utilizzo dell'interfaccia mobile sarebbe stato assai limitato. Per questo, si è deciso di complementare il progetto dell'interfaccia, con un'analisi e delle integrazioni volte a migliorare il più possibile SAP per far sì che potesse costituire la base necessaria all'uso della piattaforma per dispositivi mobili.

L'obiettivo finale, che non consiste solo nella digitalizzazione fine a se stessa, è quello di agevolare il lavoro quotidiano dei manutentori, minimizzando perdite (in termini di tempo) e sprechi (in termini di spostamenti, dovuti a sopralluoghi per verificare la configurazione dei componenti, e di materiali, dovuti a reperimento di pezzi di ricambio non utilizzabili su determinati equipment). L'idea di base di utilizzo dell'interfaccia si concretizza con l'utilizzo di tablet da parte dei manutentori, i quali, quando si trovano a dover intervenire sui componenti, possono ricercare dalla piattaforma il determinato equipment su cui devono effettuare l'intervento e reperirne disegno (che li aiuta a capirne la struttura) e distinta base (che permette loro di andare al magazzino ricambi "a colpo sicuro" prendendo subito il pezzo di scorta da sostituire a quello presente che si è guastato). Prima queste operazioni potevano impiegare diverso tempo ed era anche facile cadere in errore, in quanto molti componenti e pezzi di ricambio sono simili: in questo

modo, tramite l'utilizzo di codici univoci registrati su SAP, l'errore sul reperimento dei pezzi di ricambio risulta meno probabile.

6. Creazione interfaccia SAP portable

L'idea riguardante lo sviluppo di un software che fosse in grado di interfacciarsi con il modulo PM di SAP è nata per permettere ai manutentori di gestire in maniera del tutto autonoma un ordine di lavoro; questo progresso permetterebbe di tagliare ogni forma di intermediazione tra chi emette l'ordine di lavoro e chi lo esegue con un conseguente abbattimento di costi ed ottimizzazione dei tempi.

L'interfaccia è stata studiata e quindi sviluppata per un impiego su dispositivo di tipo mobile, questo per motivi legati al futuro sviluppo di tool aggiuntivi (applicabili solo su tablet) ed alla inequivocabile praticità che caratterizza il suo utilizzo. Con questo nuovo sistema si motiva inoltre il manutentore a fornire una descrizione più accurata dell'intervento eseguito tenendo traccia dei tempi da esso impiegati per realizzare il lavoro.

6.1 Flusso SAP da produzione a manutenzione

Il flusso standard che determina la lista degli interventi che la manutenzione deve eseguire è il seguente è composto da diversi passaggi chiave.

1. Durante il Daily meeting mattutino vengono riuniti tutti gli impianti della linea (nello stabilimento avvengono due Daily meeting, uno per la linea PM8 e l'altro per la parte di filtrazione), i quali comunicano i problemi riscontrati nei turni precedenti. Tutti i problemi degli impianti vengono segnati su un apposito modulo
2. Gli assistenti di produzione (Shift Leaders) creano su SAP gli avvisi che comunicano gli interventi necessari alla manutenzione, gli avvisi possono sia segnalare un malfunzionamento di un componente sia, più in generale, la necessità di un intervento per ripristinarne il funzionamento o per controllarne lo stato di usura
3. Da questi avvisi, vengono creati dai planner di manutenzione gli ordini di lavoro, che costituiscono la base per programmare la giornata lavorativa del reparto manutentivo. La lista degli avvisi è consultabile tramite un'opportuna transazione su SAP e può essere

facilmente convertita in Excel in modo da segnare la percentuale di completamento ed eventuali note per interventi simili futuri.

4. I lavori effettuati dalla manutenzione vengono registrati in degli appositi file e, conseguentemente, a fine giornata i planner si occupano di chiudere gli ordini e gli avvisi dei lavori completati.

Gran parte di questo flusso è manuale e non porta valore aggiunto, tuttavia il passaggio di informazioni (il più dettagliato possibile) tra i due reparti è fondamentale, per cui qualsiasi modifica viene valutata tenendo sempre sotto controllo che la quantità e la qualità delle informazioni non vengano alterate. Un'ottimizzazione del flusso tramite la digitalizzazione dei punti 3 e 4 si è vista come una via percorribile senza rischiare di perdere informazioni, ma anzi, con lo scopo di poter permettere una più approfondita descrizione dell'intervento effettuato da parte dei manutentori.

6.2 Fasi di sviluppo dell'interfaccia

Le fasi che hanno portato allo sviluppo dell'interfaccia sono:

1. Valutazione della fattibilità tecnico-economica del progetto
2. Valutazione della copertura di rete su tutto lo stabilimento attraverso la mappatura dei punti Wi-Fi
3. Esaminazione tutte le transazioni messe a disposizione dal modulo PM di SAP per implementare sul sistema solo quelle ritenute necessarie e evitare di fare l'upload sull'interfaccia di transazioni non in utilizzo, per evitare il sovraccaricamento della piattaforma e renderla il più veloce possibile
4. Gestione della comunicazione tra l'interfaccia ed il sistema SAP dal punto di vista metodologico
5. Sviluppo dell'interfaccia grafica
6. Ottimizzazione dell'interfaccia grafica del sistema per utilizzo su dispositivo mobile

Dalla valutazione della fattibilità economica del progetto sino ad arrivare allo studio di tutte le transazioni ritenute indispensabili per l'interfaccia ci si è avvalsi di risorse interne all'azienda. Per la gestione della comunicazione tra l'interfaccia e SAP, il suo sviluppo e la successiva

ottimizzazione per un suo utilizzo su dispositivo mobile ci si è avvalsi di un team di programmatori esterni.

È stato pertanto indispensabile, durante tutta la fase di sviluppo, un continuo confronto e intermediazione tra i futuri utilizzatori ed il team di programmatori.

Il progetto, iniziato nel mese di febbraio 2017 e l'implementazione si è conclusa all'inizio del 2018, mentre la fase di test è cominciata durante l'estate del 2017.

6.3 Caratteristiche di sviluppo dell'interfaccia

Per quel che concerne lo sviluppo del sistema, i progettisti si sono avvalsi di parti di codice relative ad un altro software già presente in azienda e già in grado di interfacciarsi con SAP. Non è stato pertanto necessaria alcuna analisi di natura tecnica/progettuale essendo i metodi di funzionamento resi disponibili sin da subito da quest'altro applicativo. Il primo passo, nonché quello più insidioso, è stato quello di estrapolare i dati da SAP. Attraverso una serie di incontri condotti con fornitori di servizi, si è scelto un ente esterno per adempire a tale impegno. Attraverso l'utilizzo di un modulo messo a disposizione da SAP chiamato "SAP connector" e lo sviluppo di apposite funzioni sono stati importati i dati nel database. Per il suo normale funzionamento l'interfaccia si avvale di un database contenente tutte le informazioni condivise con il modulo PM di SAP. L'interfaccia interagisce con il sistema attraverso una serie di funzioni a seconda se si voglia inviare o ricevere dati. In fase di download dei dati, un programma in automatico preleva le informazioni richieste dal sistema SAP e li carica sul database per renderli dunque disponibili all'utilizzo sull'interfaccia. La fase di downloading è prevista circa 2 volte al giorno. In fase di uploading, invece, il suddetto programma non fa nient'altro che modificare i dati direttamente sul sistema SAP. I tempi per l'uploading sono decisamente più brevi, questo viene effettuato circa ogni 30 secondi. Il linguaggio di programmazione utilizzato per sviluppare l'interfaccia è "C sharp", un linguaggio orientato agli oggetti sviluppato da Microsoft come linguaggio per il framework.

6.4 L'interfaccia

Già dalla Home Page risulta chiaro come il punto chiave dell'interfaccia sia la sua semplicità di utilizzo. La gerarchia degli elementi è stata studiata in dettaglio, infatti, poiché non tutti i contenuti hanno uguale importanza, gli spazi a loro destinati all'interno della pagina saranno diversi tra loro, ponendo maggior focus sui componenti che necessitano di maggior attenzione. Sono state seguite, nello sviluppo, tutte le regole fondamentali dell'ergonomia, che hanno permesso di creare un'interfaccia funzionale e facilmente navigabile.

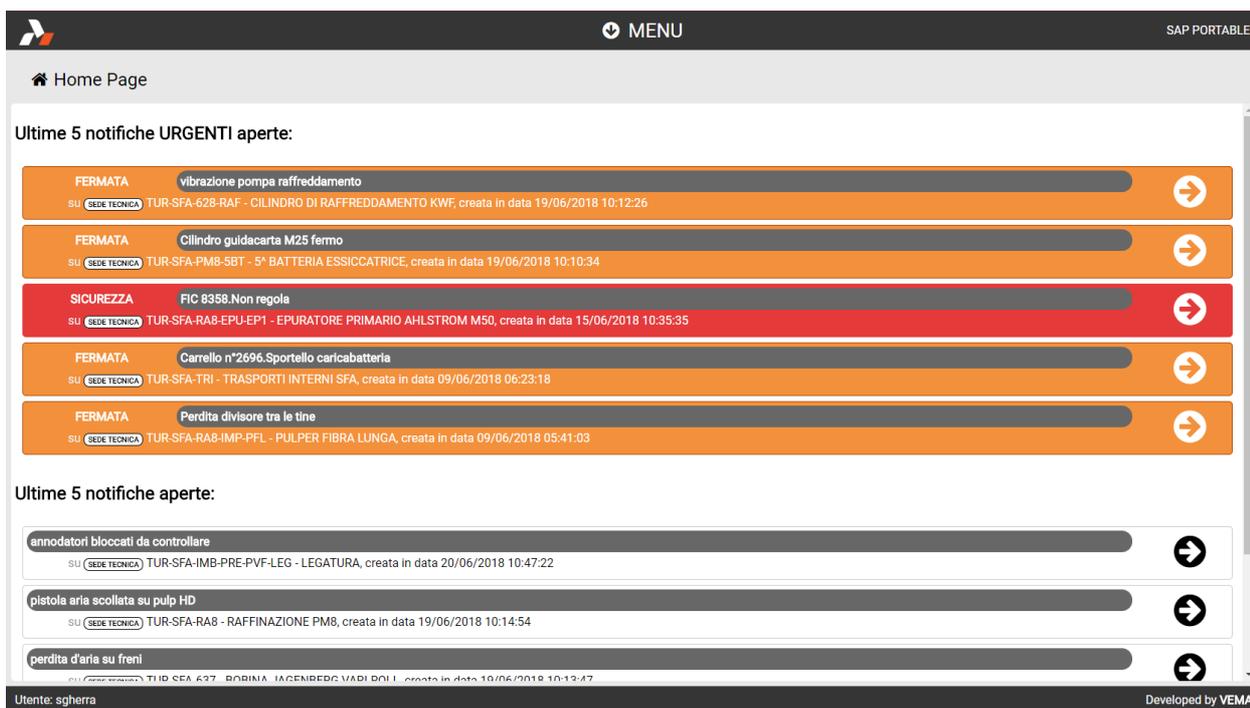


Figura 15: Home Page interfaccia SAP Portable

Come si vede nella schermata, nella Home Page vengono mostrati i 5 avvisi SAP selezionati come i più urgenti e gli ultimi 5 avvisi creati ancora aperti (che necessitano, quindi, di un intervento).

Cliccando sulla freccia presente su ogni riga, viene aperta una nuova pagina che descrive in maniera più dettagliata l'avviso aperto dall'Assistente di produzione:

☰ 11900788:	
Numero:	11900788
Tipo:	M2
Descrizione (breve):	vibrazione pompa raffreddamento
Descrizione:	
Riferimenti:	
SEDE TECNICA TUR-SFA-628-RAF CILINDRO DI RAFFREDDAMENTO KWF	➔
Centro di lavoro:	00000000
Autore:	BLONDA
Oggetto posizione:	
Descrizione posizione:	
Testo posizione:	
Causa codice posizione:	
Causa testo posizione:	
Data apertura:	19/06/2018 10:12:26
Data chiusura:	
Stato:	MELA - Messaggio in elaborazione

Figura 16: Dettaglio avviso aperto dall'assistente di produzione

Da questa schermata si possono ricavare 2 informazioni che risultano particolarmente utili al manutentore:

- La sede tecnica del componente da controllare, che viene “esplosa” cliccando sulla freccia a destra: così facendo, l'operatore di manutenzione sa esattamente dove è collocato l'equipment su cui deve intervenire
- L'autore dell'avviso: in caso di difficoltà nel capire la richiesta, la manutenzione può contattare direttamente chi ha creato l'avviso per chiedere ulteriori informazioni.



Figura 17: Opzioni del Manù interfaccia SAP portable

Tramite un menù a tendina è possibile, consultare:

- Sedi tecniche
- Equipment (installati e non)
- Componenti di ricambio installati sugli impianti e/o presenti a magazzino.

Per ognuna di queste sezioni si hanno a disposizione dei comodi filtri che permettono di visualizzare solo i contenuti di interesse, in questo modo la navigazione risulta più agile e gli oggetti ricercati vengono trovati molto rapidamente.

6.4.1 Sedi Tecniche

TUR		STABILIMENTO DI TORINO	+ [Speech Bubble] 0 [Document] 0
+ TUR-FLT	FILTRAZIONE		+ [Speech Bubble] 1 [Document] 0
- TUR-SFA	DIVISIONE SELF ADHESIVE		+ [Speech Bubble] 0 [Document] 0
+ TUR-SFA-RA8	RAFFINAZIONE PMS		+ [Speech Bubble] 16 [Document] 0
+ TUR-SFA-PM8	PMS		+ [Speech Bubble] 7 [Document] 1
+ TUR-SFA-628	CALANDRA KLEINWEFFER		+ [Speech Bubble] 6 [Document] 0
+ TUR-SFA-624	CALANDRA VOITH		+ [Speech Bubble] 2 [Document] 0
+ TUR-SFA-637	BOBINA JAGENBERG VARI-ROLL		+ [Speech Bubble] 5 [Document] 0
+ TUR-SFA-638	BOBINA JAGENBERG VARI-TOP		+ [Speech Bubble] 4 [Document] 0
+ TUR-SFA-639	BOBINA JAGENBERG VARI-FLEX		+ [Speech Bubble] 7 [Document] 0
+ TUR-SFA-GAW	CUCINA GAW SFA		+ [Speech Bubble] 12 [Document] 0
+ TUR-SFA-IMB	IMBALLO SFA		+ [Speech Bubble] 0 [Document] 0
+ TUR-SFA-MCP	MAGAZZINO CARTA PRONTA		+ [Speech Bubble] 1 [Document] 0
+ TUR-SFA-SPR	SERVIZI DI PRODUZIONE SFA		+ [Speech Bubble] 0 [Document] 0
+ TUR-SFA-LAB	LABORATORI SFA		+ [Speech Bubble] 1 [Document] 0
+ TUR-SFA-TRI	TRASPORTI INTERNI SFA		+ [Speech Bubble] 2 [Document] 0
+ TUR-SFA-FAB	FABBRICATI SFA		+ [Speech Bubble] 0 [Document] 0
+ TUR-SFA-ELE	CABINE ELETTRICHE SFA		+ [Speech Bubble] 0 [Document] 0
+ TUR-SFA-SIC	SERVIZI DI SICUREZZA SFA		+ [Speech Bubble] 0 [Document] 0

Utente: sgheira Developed by VEMAT

Figura 18: Dettaglio Sedi tecniche

L'interfaccia presenta la struttura delle sedi tecniche tramite un videata molto simile a quella presente su SAP: la decisione di rendere i due software il più possibile interconnessi, ha fatto sì che molte parti si assomiglino. Questo è risultato essere anche un vantaggio sia per i programmatori, che in fase di programmazione non hanno dovuto ricorrere ad complicati algoritmi per il passaggio dei dati, sia per i manutentori, i quali riescono a ritrovarsi facilmente nelle differenti schermate sia di SAP sia dell'interfaccia quando passano da uno all'altra. Vengono quindi mostrate le sigle di riferimento delle varie sedi tecniche così come appaiono su SAP, con la loro relativa descrizione. È poi possibile espandere/chiudere la distinta base degli elementi cliccando sul

simbolo “+/-” presente sulla sinistra della descrizione della sede selezionata. In caso siano presenti per una determinata sede tecnica degli avvisi o ordini di lavoro, questi vengono opportunamente segnalati attraverso un simbolo di riconoscimento.

6.4.2 Equipments

The screenshot shows the 'Equipments' interface in SAP PORTABLE. At the top, there is a 'MENU' button and the text 'SAP PORTABLE'. Below this, there is a navigation bar with 'Equipments' and 'Ordinamento' tabs, along with buttons for 'Nuova notifica', 'Filtri', and 'Aggiorna'. The main part of the interface is a table with the following columns: Codice, Sede tecnica, Posizione, Descrizione, Classe, Produttore, Ordinamento, and Doc. The table contains 20 rows of equipment data.

Codice	Sede tecnica	Posizione	Descrizione	Classe	Produttore	Ordinamento	Doc.
10201924	TUR-FLT-528-IDR-P01	5	MOTORE CA LAMMERS 1T29003-1CB23-4JA4-Z	MOTORI_ELETTRICI	LAMMERS	PO2244	0
10201973	TUR-FLT-545-RU2-RU1-M01	10	MOTORIDUTTORE SEW R57 DRN90S4/BE1/FM	MOTORI_ELETTRICI	SEW EURODRIVE	MA2490	0
10201929	TUR-FLT-528-IDR-V01	10	MOTORE CA WEG W22 TE1BF0X0\$	MOTORI_ELETTRICI	WEG	MA2483	0
10201935	TUR-FLT-528-SVL-SDX-M01	10	MOTORE CA SIEMENS 1PH8184-1DC10-1FB1-Z	MOTORI_ELETTRICI	SIEMENS	M2	0
10201941	TUR-FLT-545-FAS-MET-M01	10	MOTORIDUTTORE SEW R67 DRN90L4/BE2	MOTORI_ELETTRICI	SEW EURODRIVE	MA2496	0
10201943	TUR-FLT-545-NS1-M01	10	MOTORIDUTTORE SEW FA67/G DRN100L4/BE1	MOTORI_ELETTRICI	SEW EURODRIVE	MA2484	0
10201944	TUR-FLT-545-NS1-M02	10	MOTORIDUTTORE SEW FA67/G DRN100L4/BE1	MOTORI_ELETTRICI	SEW EURODRIVE	MA2485	0
10201945	TUR-FLT-545-NS2-M01	10	MOTORIDUTTORE SEW FA67/G DRN80M4/BE05	MOTORI_ELETTRICI	SEW EURODRIVE	MA2486	0
10201974	TUR-FLT-545-RU1-M01	10	MOTORIDUTTORE SEW R57 DRN90S4/BE1/FM	MOTORI_ELETTRICI	SEW EURODRIVE	MA2489	0
10201970	TUR-FLT-545-FAS-FRS-M01	10	MOTORE CA ABB (M3AA90LB4 B14) 1,1KW	MOTORI_ELETTRICI		MA2494	0
10201959	TUR-FLT-545-ZIP-M01	10	MOTORE CA ABB M3VRS80B-4	MOTORI_ELETTRICI	ABB	MA2487	0
10201949	TUR-FLT-545-FAS-TAV-M01	10	MOTORIDUTTORE SEW S67 DR80M4BE1	MOTORI_ELETTRICI	SEW EURODRIVE	MA2493	0
10201951	TUR-FLT-545-FAS-TAV-M02	10	MOTORIDUTTORE SEW R37 DR671M4BE05	MOTORI_ELETTRICI	SEW EURODRIVE	MA2491	0
10201947	TUR-FLT-545-IDR-DOP-P01	10	MOTORE CA ABB M3AA 112 MB-4	MOTORI_ELETTRICI	ABB	PO2246	0
10201946	TUR-FLT-545-IDR-RIB-P01	10	MOTORE CA ABB M3AA 132 M4	MOTORI_ELETTRICI	ABB	PO2245	0
10201937	TUR-FLT-528-SVL-SDX-M0...	10	MOTORE CA SIEMENS ASE37084190	MOTORI_ELETTRICI	SIEMENS	M2.1	0
10201938	TUR-FLT-528-SVL-SSX-M0...	10	MOTORE CA SIEMENS ASE37084190	MOTORI_ELETTRICI	SIEMENS	M1.1	0
10201972	TUR-FLT-545-RU4-RU1-M01	10	MOTORIDUTTORE SEW R57 DRN90S4/BE1/FM	MOTORI_ELETTRICI	SEW EURODRIVE	MA2498	0

At the bottom of the interface, it shows 'Utente: sgherra' and 'Developed by VEMAT'.

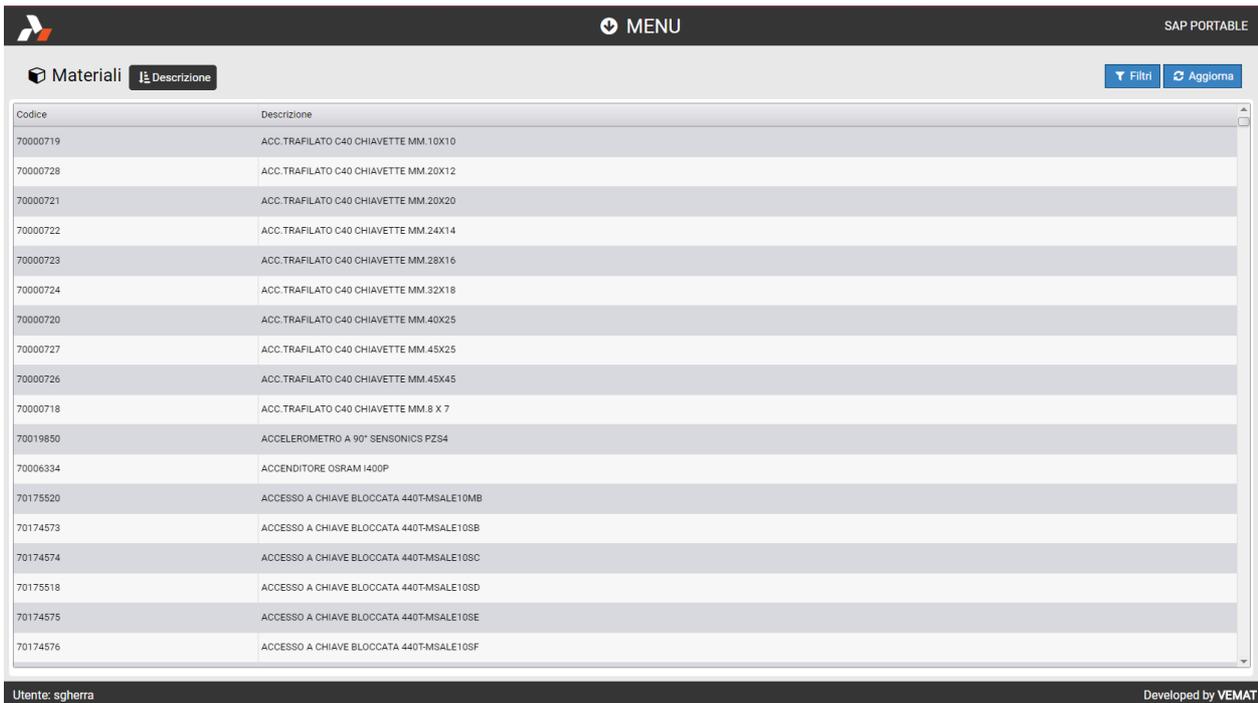
Figura 19: Dettaglio equipments

Quando si vanno a consultare gli equipments viene visualizzata una tabella che contiene tutte le informazioni che si possono reperire da SAP:

- Codice
- Sede tecnica su cui l'equipment è installato (se è in uso in quel momento)
- Posizione
- Breve descrizione
- Classe di merce
- Produttore
- Ordinamento
- Disegno tecnico e distinta base (se presente) dell'equipment

Con un doppio click su un determinato equipment sarà pertanto possibile ottenere informazioni più dettagliate, riguardo alle specifiche di utilizzo del componente: per esempio, nel caso di un motore elettrico verranno mostrati la potenza, il numero di giri ed il numero di poli.

6.4.3 Materiali di ricambio



Codice	Descrizione
70000719	ACC.TRAFILATO C40 CHIAVETTE MM.10X10
70000728	ACC.TRAFILATO C40 CHIAVETTE MM.20X12
70000721	ACC.TRAFILATO C40 CHIAVETTE MM.20X20
70000722	ACC.TRAFILATO C40 CHIAVETTE MM.24X14
70000723	ACC.TRAFILATO C40 CHIAVETTE MM.28X16
70000724	ACC.TRAFILATO C40 CHIAVETTE MM.32X18
70000720	ACC.TRAFILATO C40 CHIAVETTE MM.40X25
70000727	ACC.TRAFILATO C40 CHIAVETTE MM.45X25
70000726	ACC.TRAFILATO C40 CHIAVETTE MM.45X45
70000718	ACC.TRAFILATO C40 CHIAVETTE MM.8 X 7
70019850	ACCELEROMETRO A 90° SENSONICS PZ34
70006334	ACCENDITORE OSRAM I400P
70175520	ACCESSO A CHIAVE BLOCCATA 440TMSALE10MB
70174573	ACCESSO A CHIAVE BLOCCATA 440TMSALE10SB
70174574	ACCESSO A CHIAVE BLOCCATA 440TMSALE10SC
70175518	ACCESSO A CHIAVE BLOCCATA 440TMSALE10SD
70174575	ACCESSO A CHIAVE BLOCCATA 440TMSALE10SE
70174576	ACCESSO A CHIAVE BLOCCATA 440TMSALE10SF

Figura 20: Dettaglio materiali

Analogamente a quanto visto per gli equipments, sull'interfaccia è presente una videata similare per la rappresentazione dei materiali di ricambio. Le informazioni presenti che hanno maggior importanza, in questo caso, oltre al codice, alla posizione e alla descrizione, sono la quantità presente a magazzino (il cui monitoraggio risulta fondamentale, specialmente per componenti critici che non risultano essere in MRP) e il numero di prelievi dal magazzino effettuati dai vari manutentori. Conoscere quante volte nell'ultimo anno un determinato componente è stato prelevato permette di effettuare delle analisi sul suo eventuale inserimento nel sistema MRP, conoscere eventuali picchi di utilizzo e monitorarne l'andamento.

6.4.4 Avvisi e ordini di lavoro

MENU SAP PORTABLE

Avvisi Nuova notifica Mostra chiusi Filtri Aggiorna

Numero	Tipo	Descrizione	Riferimento	Data apertura	Priorità	Ordini
11897496	M2	sostituzione bulloni fermo catena aghi	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-IMB-PRE-PVF-LEG - LEGATURA	05/05/2018 13:22:31	5	0
11897644	M2	Viti paranco girevole	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-IMB-SIC - NUOVO IMBALLO SICMA	08/05/2018 09:47:24	5	0
11895754	M2	cil. 1 in lenta da solo dopo riavviament.	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-PM8-1BT - 1° BATTERIA ESSICCATRICE	11/04/2018 09:35:56	5	0
11893914	M2	Sollevamento difficoltoso.	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-PM8-SPS - SOLLEVAMNETO SARACINESCA PRESECCHERIA 1	15/03/2018 00:21:31	5	0
11894893	M2	giunto pompa 8063 cambiato	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-RAB - RAFFINAZIONE PM8	28/03/2018 09:44:04	5	0
11897217	M2	Giunto rotto .	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-RAB-CLA-CL1 - RAFFINATORE N.3 FIBRA CORTA	02/05/2018 10:25:13	5	0
11897219	M2	Da rifare , non prende il carico.	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-RAB-CLA-CL6 - RAFFINATORE N.4 FIBRA LUNGA	02/05/2018 10:26:33	5	0
11900591	M2	FIC 8358.Non regola	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-RAS-EPU-EP1 - EPURATORE PRIMARIO AHLSTROM M50	15/06/2018 10:35:35	5	1
11896560	M2	Carnello 3131 perde olio	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-TRI - TRASPORTI INTERNI SFA	22/04/2018 09:31:59	5	0
11899109	M2	Cedimento ogiva Fuolusc.tot olio	(SEDE TECNICA) TUR-FLT-631-IDR - CENTRALINA IDRAULICA BOBINA SYROMATT 631	29/05/2018 08:19:52	5	1
11897643	M2	Manometro staz.3/4 rotto	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-IMB-SIC - NUOVO IMBALLO SICMA	08/05/2018 09:46:31	4	0
11894560	M2	tagli. V. Flex :difficoltà salita lama .	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-IMB-TAN - TAGLIO ANIME	24/03/2018 09:33:29	4	0
11894791	M2	Lama taglierina a volte non sale.	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-IMB-TAN-CLN - TAGLIO ANIME CORE LINK PARTE NUOVA	27/03/2018 09:32:45	4	0
11894584	M2	Pistola seleson. box non funziona.	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-MCP - MAGAZZINO CARTA PRONTA	25/03/2018 09:32:29	4	0
11897669	M2	Raschia ferma motore gira	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-PM8-1BT-E01-RAS - RASCHIA CILINDRO ESSICCATORE 1	08/05/2018 15:15:23	4	0
11894351	M2	Guasto leveraggio raschia	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-PM8-2BT-ESS-E11-RAS - RASCHIA CILINDRO ESSICCATORE 11	21/03/2018 11:04:55	4	1
11898749	M2	Perdita olio	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-PM8-3BT - 3° BATTERIA ESSICCATRICE	24/05/2018 09:31:55	4	0
11895752	M2	Perdita vap. da cil. 20 LC	(SEDE TECNICA) TUR-SFA-PM8-4BT-ESS - CILINDRI ESSICCATORI	11/04/2018 09:34:56	4	1

Utente: sgherra Developed by VEMAT

Figura 21: Dettaglio avvisi produzione

MENU SAP PORTABLE

Ordini di lavoro Mostra chiusi Filtri Aggiorna

Codice	Tipo	Data creazione	Descrizione	Riferimento	Autore	Priorità
911859579	PM01	07/06/2018	Valvola proporzionale LS non funziona	(SEDE TECNICA) TUR-FLT-631-CPR - CILINDRO PRESSORE (CAVALIERE)	GRIGLIONE	5
911858500	PM01	30/05/2018	Revisione componenti pneumatici b631	(AVVISO) Cedimento ogiva Fuolusc.tot olio	GRIGLIONE	5
911861123	PM01	18/06/2018	FIC 8358.Non regola	(AVVISO) FIC 8358.Non regola	GRIGLIONE	5
911853131	PM01	17/04/2018	REVISIONE POMPA STOBE AMIDO	(AVVISO) Pompa mono silos preparaz. bloccata	GRIGLIONE	5
911860289	PM01	12/06/2018	Revisione clafin	(AVVISO) rottura tiranti premistoppa	GRIGLIONE	5
911855584	PM01	08/05/2018	guarnizione fusore danneggiata	(AVVISO) guarnizione fusore danneggiata	BRAIDA	5
911853275	PM01	18/04/2018	RevisioneVARIATORE BEIER HBn8-22519	(AVVISO) RevisioneVARIATORE BEIER HBn8-22519	GRIGLIONE	4
911859606	PM01	07/05/2018	valv. HS 8015 bloccata	(AVVISO) valv. HS 8015 bloccata	GRIGLIONE	4
911853643	PM02	20/04/2018	Cinghia di trasmissione	(SEDE TECNICA) TUR-FLT-631 - BOBINA 631	GRIGLIONE	4
911854520	PM01	27/04/2018	Consuntivo interventi porte veloci	(SEDE TECNICA) TUR-FLT-FAB-MCG-SS2 - SALISCENDI VERSO CORTILE.	GRIGLIONE	4
911855560	PM02	08/05/2018	Implementazione software "gestioneSEVESO"	(SEDE TECNICA) TUR-FLT-IM3 - IMPREGNATRICE 3	GRIGLIONE	4
911855562	PM02	08/05/2018	Ricambi per filtri FESTO	(SEDE TECNICA) TUR-FLT-IM3 - IMPREGNATRICE 3	GRIGLIONE	4
911856073	PM02	11/05/2018	Fermata Seveso maggio 2018	(AVVISO) Fermata Seveso maggio 2018	GRIGLIONE	4
911860266	PM01	12/06/2018	Sostit. comandi a pedale impregnatrice 3	(SEDE TECNICA) TUR-FLT-IM3 - IMPREGNATRICE 3	CASSETTI	4
911852086	PM02	09/04/2018	Lavori pneumatici su RTO	(SEDE TECNICA) TUR-FLT-RTO-OLD - RTO VECCHIO	GRIGLIONE	4
950113459	PM05	30/05/2018	2018 - Small Improvement Proje	(SEDE TECNICA) TUR-FLT-T01 - MACCHINA 1	GRIGLIONE	4
911860600	PM02	14/06/2018	ricambio bracci primari pope PM 4	(SEDE TECNICA) TUR-FLT-T04-POP - AVVOLGITORE POPE	GRIGLIONE	4
911855487	PM02	07/05/2018	Fermata T05 per manutenzione	(AVVISO) Fermata T05 per manutenzione	GRIGLIONE	4

Utente: sgherra Developed by VEMAT

Figura 22: Dettaglio ordini di lavoro manutenzione

Queste due schermate qui riportate rappresentano rispettivamente le interfacce grafiche degli avvisi e degli ordini di lavoro, i primi creati dagli assistenti di produzione, mentre i secondi sono sviluppati, partendo dagli avvisi, dai planner di manutenzione. Le informazioni che vengono passate da SAP all'interfaccia sono:

- Numero
- Tipologia
- Breve descrizione
- Riferimento e quindi sede tecnica nella quale sarà necessario intervenire
- Data apertura
- Priorità

La priorità definisce la criticità dell'avviso e/o ordine di lavoro; si parte da una priorità bassa fino ad arrivare alla più alta nella quale sarà necessario interrompere la produzione della macchina continua o fermare l'impianto dove è presente il guasto/malfunzionamento per poter eseguire l'intervento.

7. Storico guasti

L'analisi dello storico guasti permette di conoscere quali sono state le cause di guasto più frequenti e, conseguentemente, di individuare i componenti con maggiore criticità. Lo storico guasti può facilitare l'uso di metodologie preventive: sapendo che un determinato componente è solito guastarsi, si gestirà in maniera più efficiente il magazzino ricambi, aumentando la quantità di stock per quel componente e diminuendo (ipoteticamente) lo stock di un altro. Inoltre, fornisce un ulteriore aiuto rendendo più chiaro il piano di revisione dei pezzi: si darà priorità di revisione ai componenti con maggiore criticità.

I guasti si possono suddividere in 3 tipologie:

- Guasti con conseguenze minori: sono tutti quei guasti che necessitano esclusivamente di un intervento di manutenzione.
- Guasti con conseguenze maggiori: compromettono la funzionalità del sistema.
- Guasti catastrofici: possono arrecare danni permanenti all'entità stessa che si guasta e/o alle persone e agli altri macchinari che la circondano.

7.1 Registrazione guasti

La registrazione dei guasti delle macchine di stabilimento avviene correttamente grazie all'utilizzo delle informazioni registrate sul software aziendale di monitoraggio della produzione e ad un file Excel che permette, tramite un programma elaborato con il linguaggio Visual Basic e l'inserimento

di tutti i dati necessari, di calcolare il numero di eventi totali, il tempo di fermo macchina causato e la criticità di un determinato modo di guasto. L'idea è nata per far fronte all'esigenza di avere a disposizione un tool che permettesse di avere una visione chiara relativa all'andamento delle operazioni di manutenzione condotte sugli impianti: il programma è, infatti, in grado di fornire una panoramica istantanea ed automatica che confronta le causali di scarto più critiche avute nell'anno precedente con quelle dell'anno in corso.

7.1.1 Elaborazione del programma di storico guasti

Lo scopo dello sviluppo di un programma di registrazione dei guasti avvenuti si concentrava da un lato sulla facilità di poter reperire i dati per avere in ogni momento un quadro generale dell'andamento dei guasti, dall'altro sulla possibilità di avere uno strumento semplice, che potesse essere aggiornato nella maniera più veloce possibile dai planner di manutenzione. Si è deciso di utilizzare l'Excel perché consente di automatizzare tutta la parte di lavoro relativa ai calcoli e alla creazione di grafici e output visivi, ma, al tempo stesso, dopo aver sviluppato i dovuti automatismi creati dalle Macro usando il linguaggio Visual Basic, non necessita di conoscenze approfondite per essere utilizzato nella sua completezza né di un'elevata quantità di tempo per aggiornare i database con le informazioni reperite.

La progettazione del programma e i test successivi che hanno permesso di arrivare al risultato finale si dividono in 4 fasi:

1. Acquisizione delle informazioni necessarie per condurre l'analisi
2. Rielaborazione dei dati acquisiti
3. Sviluppo dell'algoritmo
4. Studio dell'output generato

7.2.1.1 Fase 1: Acquisizione delle informazioni

È stato necessario reperire in primo tempo tutte le informazioni necessarie per poter costruire il database, che costituisca la base per visualizzare i dati in modo grafico e poterli analizzare. I dati sono stati prelevati dal database aziendale: tramite dei report generati automaticamente si è stati in grado di tener traccia di tutte le causali di fermo macchina e di riportare nel file Excel:

- data di inizio e fine, in modo da poter tener traccia del tempo di fermo macchina
- la tipologia di problema (meccanico, elettrico, elettronico, pneumatico)

- la linea coinvolta
- la sezione della macchina coinvolta
- nella sezione delle note, una breve descrizione del problema verificatosi e la metodologia attuata per porvi rimedio.

7.2.1.2 Fase 2: Elaborazione dei dati acquisiti

I dati sono stati successivamente rielaborati riportando la causa del fermo macchina: poiché i modi di guasti possono essere molteplici e, talvolta, il fermo macchina può essere causato da una combinazione di più modalità di guasto, si è deciso di semplificare e classificarli in 4 categorie differenti (meccanico, elettrico, elettronico e pneumatico). La causale di guasto, che consiste in una breve descrizione dell'accaduto, rimane l'informazione fondamentale per aggregare gli stessi modi di guasto in un'unica voce (sommando i tempi di fermo macchina) ed è il dato su cui il programma andrà a paragonare i due periodi di tempo, dividendo l'analisi per impianto. Per questo, un altro fattore molto importante è l'attribuzione del guasto al corretto componente su cui si è generato. La divisione nelle 4 categorie rimane invece una pura classificazione per attribuire l'intervento manutentivo al corretto sottoreparto.

Dopo avere denominato, classificato e diviso per impianto i guasti, le altre informazioni ritenute necessarie da passare come input all'algoritmo sono state il tempo di fermo macchina, la tipologia di guasto e l'area manutentiva responsabile dell'intervento.

7.2.1.3 Fase 3: Algoritmo

Per associare ad ogni causale di guasto un valore che indicasse la reale criticità si è deciso di far fede alla definizione di rischio, tenendo dunque conto di due fattori fondamentali:

- tempo di fermo macchina
- frequenza di accadimento del guasto

Il valore della criticità è ottenuto attraverso il prodotto di queste due variabili:

$$R = frequency \cdot damage$$

La frequenza è stata espressa in $\left[\frac{\# \text{ eventi}}{\text{mese}} \right]$ ed il danno, inteso come mancata produzione, è stato calcolato come $\left[\frac{\text{minuti}}{\# \text{ eventi}} \right]$, conseguentemente il valore della criticità è stato dimensionato come

$\left[\frac{\text{minuti}}{\text{mese}}\right]$, ovvero il tempo durante il quale la linea è stata costretta ad interrompere la produzione a causa di quel tipo di guasto nel determinato mese.

È stato inoltre valutato il MTTR (Mean Time To Repair) come:

$$MTTR = \frac{\text{fermo macchina}}{\# \text{ eventi}}$$

il rapporto tra il tempo totale di fermo macchina per quella determinata causale di guasto ed il numero di failure events ad essa associati.

A questo punto il programma è in grado di ordinare tutte le causali di guasto per ordine decrescente e tenere in considerazione le prime dieci più rilevanti; dopodiché avviene una verifica automatica che controlla se tra le prime 10 criticità estratte dell'anno in corso ce n'è qualcuna che si ripete nell'anno precedente ed, in caso positivo, gli eventi critici vengono comparati per controllare la tendenza. Terminato il confronto, il software riporta le restanti criticità dell'anno precedente, per un massimo, anche in questo caso di 10 valori.

7.2.1.4 Fase 4: Studio dell'output generato

A questo punto tutti gli indici di criticità vengono riportati in un istogramma, il quale permette di ottenere una chiara visione sui problemi più rilevanti presenti sugli impianti e di prendere dunque provvedimenti per risolvere il problema. Qualora le causali di guasto si confrontassero, è interessante osservare la variazione dell'indice di criticità di una determinata failure mode da un anno all'altro così da poter valutare l'efficacia dell'intervento attuato l'anno precedente con il fine di risolvere il problema.

7.2.2 Utilizzo del software nell'aggiornamento del database storico guasti

Una volta completata la programmazione del file, l'aggiornamento è continuo; il planner di manutenzione non deve più reperire le informazioni dai report, ma dal software di registrazione fermo macchina utilizzato dal reparto produttivo. Il lavoro si basa sulla cooperazione tra produzione e manutenzione: prima vengono catalogati i fermo impianto con relative spiegazioni dagli addetti della produzione e successivamente i planner trasferiscono le informazioni riportate sul software nel database di manutenzione, che tiene traccia di tutti i guasti avvenuti.

Alla base di questo lavoro di doppia registrazione ci sono diversi fattori determinanti, che rendono efficace e di estrema utilità il file di output:

- Esperienza degli operatori di produzione, i quali devono classificare correttamente la tipologia di guasto, fornire una descrizione esaustiva e indicare i tempi di fermo macchina e d'intervento sul componente
- Conoscenza del planner di manutenzione delle macchine, dei componenti, dei possibili modi di guasto e delle criticità di ogni guasto/componente
- Capacità di interazione tra i due reparti, in modo da mantenere un costante flusso di informazioni precise per evitare una catalogazione errata.

Questo semplice strumento permette di tener traccia dei modi di guasto che richiedono la maggiore attenzione, in quanto più frequenti e più difficili da risolvere. Inoltre, vengono fatti confronti con l'anno precedente in modo da capire se rimangono gli stessi componenti ad essere critici oppure se sono da analizzare con maggiore profondità dei componenti che l'anno prima non rappresentavano delle criticità rilevanti.

7.2.2.1 Registrazione nel reparto produttivo

In caso di guasto, gli operatori di macchina hanno il compito di avvisare il reparto manutentivo di competenza, il quale si incaricherà di riportare la situazione allo stato iniziale permettendo così il corretto funzionamento del componente. Ogni fermo impianto viene automaticamente registrato nel software aziendale (dove sono anche riportate l'ora d'inizio fermata, l'ora di fine e la durata): il conduttore della macchina deve inserire una nota che spieghi il problema riscontrato e l'intervento effettuato e classificare il tipo di guasto. I guasti possono essere:

- Elettrici
- Elettronici
- Meccanici
- Pneumatici

L'output finale disponibile per la consultazione sul software si presenta così:

Macchina: B639 Bobinatrice B639 Tipo: Non Finiti

Data/Ora: 07.04.2018 17:25 Classe:

Data/Ora Fine: 07.05.2018 17:25 Codice: 33 Guasto Meccanico

Macchi	Nota	Tipo	Classe	Codice	Data/Ora Inizio	Data/Ora Fine	Durata	Creato da
B639	*** *** S Fermata	04 Bobinatrice	33 Guasto Meccanico	05.05.2018 11:56	05.05.2018 12:45	49 min 00 s	EXSIGNAL	
B639	*** *** S Fermata	04 Bobinatrice	33 Guasto Meccanico	08.04.2018 01:02	08.04.2018 03:21	02 Ore 19 min 00 s	EXSIGNAL	

B639 Fermata 05.05.2018 11:56 - 05.05.2018 12:45 49 min 00 s Bobinatrice Guasto Meccanico (S) Totale 2 Qtà 03 Ore 08 min 00 s

Figura 23: Schermata esempio visualizzazione guasti

Selezionando il guasto interessato e andando su Nota si apre una finestra (esempio sottostante) che riporta una breve descrizione dell'evento compilata dagli operatori. L'eshaustività di questa annotazione risulta di fondamentale importanza, in quanto la stessa descrizione sarà poi riportata nel file di storico guasti dalla manutenzione.

Nota: B639 Fermata 08.04.2018 01:02 - 08.04.2018 03:21

litrn.b639 08.04.2018 03:23
 PRESSA TE.MA:
 ROTTURA CATENA DI MOVIMENTAZIONE DEGLI ANNODATORI.
 INTERVENTO DEI MECCANICI.

Figura 24: Schermata esempio nota operatori

7.2.2.2 Registrazione nel reparto manutentivo

Con periodicità definita, il planner di manutenzione aggiorna il database dove sono riportati tutti i guasti avvenuti nell'anno, in modo da mantenere un quadro completo dei guasti più frequenti e dei componenti più critici.

In base alle esigenze, il planner seleziona il periodo di riferimento di cui deve ancora registrare le anomalie sul software aziendale: per ogni macchina, dalla casella codice si selezionano le tipologie di guasto, controllando per ognuna di segnare tutte le avarie avvenute.

Il database si presenta così:

COMPONENTI CON CRITICITA' MAGGIORE NEL 2018								
Componente	Tipologia guasto	N' Eventi	T. Cumulato [min]	T. Cumulato [min] / MESE	N' Eventi / MESE	CRITICITA'	MTTR [min]	MACCHINA
>ventilatore MA8440	elettrico	1	72	14,4	0,2	2,88	72	TUR08
>manovra errata manutenzione	elettronico	1	43	8,6	0,2	1,72	43	SC-628
>elettrovalvola centralina idraulica	mecc-pne	3	129	25,8	0,6	15,48	43	B-639
>Intasamento rifilo/presse	meccanico	17	1109	221,8	3,4	754,12	65,235234	B-639
>elettroic esterne	extra	4	495	99	0,8	79,2	123,75	TUR08
>filtri Hydren	meccanico	1	133	26,6	0,2	5,32	133	SC-624
>pedana scarico rotoli	meccanico	1	67	13,4	0,2	2,68	67	B-638
>coltelli	pneumatico	2	75	15	0,4	6	37,5	B-638
>encoder	elettrico	1	27	5,4	0,2	1,08	27	B-639
>elettroic esterne	extra	4	588	117,6	0,8	94,08	147	B-638
>motore ed encoder	elettrico	2	79	15,8	0,4	6,32	39,5	TUR08
>paranco	elettrico	1	120	24	0,2	4,8	120	SC-628
>Intasamento rifilo/presse	meccanico	1	27	5,4	0,2	1,08	27	B-637
>proximity svolgitor	elettrico	1	80	16	0,2	3,2	80	B-637
>Regolatore pistone braccio stazioni	pneumatico	2	263	52,6	0,4	21,04	131,5	B-637
>Micron/elettrovalvola	elettrico	3	379	75,8	0,6	45,48	126,33333	B-637
>Emergenza	elettrico	1	40	8	0,2	1,6	40	B-638
>Intasamento rifilo/presse	meccanico	3	42	8,4	0,6	5,04	14	B-638
>cilindri pressori	pneumatico	5	356	71,2	1	71,2	71,2	B-638
>Anomalia sistema	elettrico	7	662	132,4	1,4	185,36	94,571429	B-638
> Cilindri guidacarta	elettrico	2	197	39,4	0,4	15,76	98,5	B-639
> Elettliche esterne	extra	4	452	90,4	0,8	72,32	113	B-639
> Anomalia sistema	elettrico	1	139	27,8	0,2	5,56	139	B-639
> Svolgitor	Elettronico	2	259	51,8	0,4	20,72	129,5	SC-624
> Fotocellule	elettrico	1	39	7,8	0,2	1,56	39	B-637
>Cinghie aspiratori	meccanico	1	27	5,4	0,2	1,08	27	B-639
>Anomalia centralina PMT	pneumatico	2	187	37,4	0,4	14,96	93,5	SC-628
> Testina/braccio	meccanico	3	257	51,4	0,6	30,84	85,666667	B-639
> Anomalia svolgitor	Elettronico	1	90	18	0,2	3,6	90	SC-628
> Paranco	elettrico	1	110	22	0,2	4,4	110	TUR08
> Tamburo/campana	meccanico	2	370	74	0,4	29,6	185	B-639
> Mancanza vapore	extra	2	632	126,4	0,4	50,56	316	SC-624
> Mancanza vapore	extra	2	632	126,4	0,4	50,56	316	SC-628
> compressore aria	elettrico	1	36	7,2	0,2	1,44	36	B-637
> guasto alimentatore pm3	elettronico	1	147	29,4	0,2	5,88	147	TUR08
> Cavaliere's cylinder	elettrico	1	17	3,4	0,2	0,68	17	B-639
> relè bruciato	elettrico	1	143	28,6	0,2	5,72	143	SC-628
> Testine	meccanico	4	140	28	0,8	22,4	35	B-637
> Paletta	pneumatico	2	131	26,2	0,4	10,48	65,5	TUR08
> cavo pressa rifili	elettrico	1	76	15,2	0,2	3,04	76	B-637
> giunto PD-8021	meccanico	1	116	23,2	0,2	4,64	116	TUR08
> Testata vapore	meccanico	1	79	15,8	0,2	3,16	79	SC-624
> cilindro raffreddatore	meccanico	2	239	47,8	0,4	19,12	119,5	SC-628
> pedana scarico rotoli(sicurezza)	meccanico	2	65	13	0,4	5,2	32,5	B-639
> Piattaforma di abbassamento	elettrico	1	66	13,2	0,2	2,64	66	B-638
> Serraggio bulloni svolgitor	Meccanico	1	156	31,2	0,2	6,24	156	SC-624
> cuscinetti cilindri	Meccanico	1	159	31,8	0,2	6,36	159	TUR08
> Anomalia sequenze di Splice	elettronico	1	28	5,6	0,2	1,12	28	SC-624
> pompa cilindro raffreddatore PO12021	Meccanico	2	155	31	0,4	12,4	77,5	SC-628
> Spinotto controllo	elettrico	1	78	15,6	0,2	3,12	78	B-637
> Coltelli	Meccanico	1	52	10,4	0,2	2,08	52	B-639

Figura 25: Estratta database storico guasti

Per prima cosa il planner deve controllare che il guasto segnalato non sia già accaduto durante l'anno in corso: in caso fosse già presente nel database lo stesso guasto, bisogna aggiornare il numero di eventi e il tempo cumulato (sommando i tempi di fermo macchina per i vari eventi accaduti). Altrimenti, viene aggiunta una nuova riga, dove vengono elencate tutte le informazioni richieste:

- Componente
- Tipologia di guasto
- Numero di eventi
- Tempo cumulato
- Macchina

Il tempo cumulato al mese, il numero di eventi al mese e il Mean Time To Repair vengono calcolati per formula, i primi due dividendo i dati sui tempi e sugli eventi per la data corrente, mentre l'ultimo dividendo il tempo cumulato per il numero di eventi. Per la criticità è importante fare un discorso a parte, si tratta infatti di un parametro potenzialmente influenzato da soggettività, che, in fase di definizione, ha richiesto più di una volta una rivalutazione affinché fosse un parametro realmente efficace. In definitiva, è stato deciso di calcolarlo come il prodotto del tempo cumulato al mese per gli eventi al mese: così, nella constatazione della gravità di un determinato modo di guasto vengono presi in considerazione sia il numero di accadimenti, sia i tempi di fermo macchina causati dal determinato guasto. L'indice di criticità crescerà, quindi, sia all'aumentare del numero di eventi, sia all'innalzarsi del tempo di fermo causato.

7.2.2.3 Output finale

L'output finale si concretizza in diversi grafici che mostrano la situazione attuale in paragone con quella dell'anno passato: nel grafico sono rappresentati i 10 modi di guasto con la maggiore criticità dell'anno in corso in paragone con i 10 con maggiore criticità dell'anno precedente (non necessariamente coincidono). Le analisi possono essere configurate mensilmente o annualmente: nell'industria della carta, essendoci in gioco un'alta componente di variabilità di processo stagionale, riguardante l'umidità, il variare delle acque e la temperatura, può essere interessante paragonare lo stesso mese di due anni differenti, per analizzare la vita dei componenti al variare delle stesse condizioni. Questo processo può aiutare a capire l'efficacia di determinati interventi volti a migliorare le condizioni dei componenti: se, nonostante la variazioni dei componenti stagionali, la vita utile risulta allungata e la produzione non risente durante i periodi normalmente difficoltosi, significa che le misure preventive sono state efficaci. Inoltre, il confronto tra gli anni, aggiornato mese per mese, viene presentato dal Responsabile di Manutenzione alla Monthly Review, incontro dove i responsabili di ogni dipartimento si incontrano e presentano i risultati del mese appena concluso.

I grafici generati automaticamente dalla macro del file Excel sono istogrammi di questo tipo:

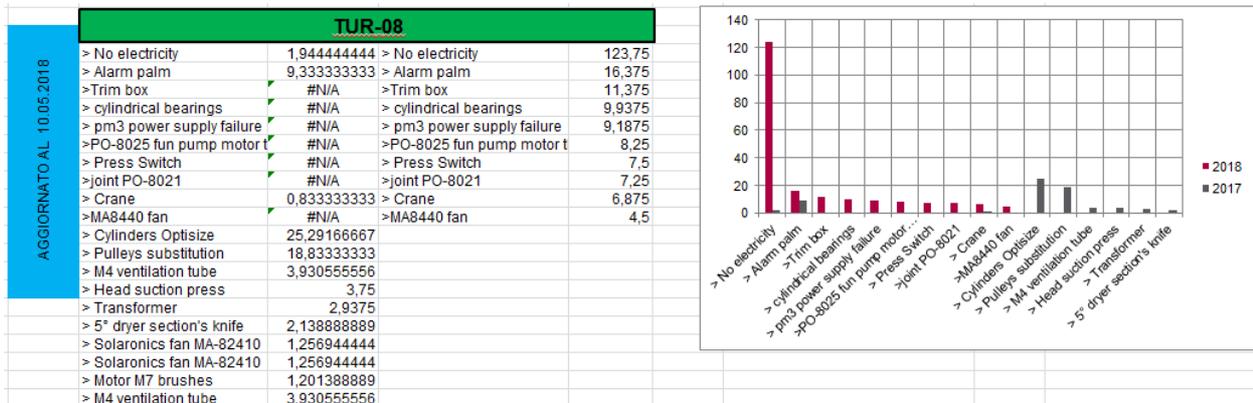


Figura 26: Schermata analisi guasti

8 Conclusione

L'avvio di questi progetti di digitalizzazione ha portato sicuramente a dei grandi cambiamenti nella manutenzione. In un ambiente normalmente molto restio ai cambiamenti e focalizzato solo sulla riuscita degli interventi pratici "in campo", mettere l'accento sull'aspetto gestionale in modo nuovo rispetto al passato ha segnato un punto di svolta. Per il momento, solo alcune figure chiave che si occupano della pianificazione (i cosiddetti planner) sono in grado di gestire tutti gli strumenti 4.0 attualmente presenti in azienda, ma, tra gli sviluppi futuri, è in piano un programma di training in modo da coinvolgere tutto il reparto, soprattutto nell'utilizzo della piattaforma SAP mobile. Inoltre, per ampliare ulteriormente gli strumenti elaborati durante questo periodo sono state individuate alcuni sviluppi e aggiunte, come ad esempio:

- La valutazione del costo di mancata produzione nel file di storico guasti in termini di €/min, in modo da valutare in termini economici l'impatto di un determinato reparto o macchinario
- Quantificare attraverso un'analisi delle tempistiche e delle metodologie d'intervento la durata di specifici lavori manutentivi, così da poter valutare la miglior esecuzione possibile per un determinato intervento, ottimizzare i tempi e diminuire le perdite

Dal punto di vista professionale, i manutentori sono accresciuti di nuove conoscenze che permettono loro di utilizzare gli strumenti digitali. Dopo le prime difficoltà iniziali, tipiche di

qualsiasi cambiamento, il carico di lavoro è stato ben distribuito e analisi e valutazioni sono state agevolate dalla raccolta dati costantemente aggiornata. L'utilizzo dei tablet per aggiornare in tempo reale gli avvisi, gli ordini di lavoro e gli interventi effettuati ha permesso di avere un flusso comunicativo più efficace e di essere sempre informati sulle urgenze dello stabilimento.

In definitiva, il passo verso la digitalizzazione e la manutenzione 4.0 è necessario per poter rimanere competitivi, in un ambiente dove i macchinari operano con performances sempre migliori. Solo mantenendo alta la qualità, la capacità produttiva e l'efficienza è possibile continuare ad essere leader nel mercato e attrarre nuovi clienti.

9 Bibliografia e sitografia

G. Ceraioli, A. Calvi, G. Poles, E. Ghisolfi, S. Serra, E. Grandis, D. Corbetta (1992). *Introduzione alla fabbricazione della carta*. Aticelca, pagine 20-42

Ahlstrom-Munksjö Oyj (2017). *Annual and sustainability report* [PDF]. Helsinki. Disponibile: <https://www.ahlstrom-munksjo.com/Investors/reports-and-presentations/annualreport2017/>

Csqa.it (2018). *ISO 9001* [online]. Disponibile: <https://www.csqa.it/csqa/norme/qualita/iso-9001>

Iso.org (2018). *ISO 14001- Key benefits* [online]. Disponibile: <https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html>

(2006). *An introduction to Total Productive Maintenance (TPM)* [online]. Disponibile: http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm_intro.shtml

Moses Tan (2016). *TPM implementation* [PDF]. Disponibile: <http://www.plant-maintenance.com/articles/ExecutiveTPMOverview.pdf>

10 Ringraziamenti

Ringrazio tutti i colleghi dell'Ahlstrom-Munksjö che mi hanno aiutato, sostenuto e fatto sentire a casa dal primo giorno in azienda: ho imparato tanto e ho fatto molto più di quanto mai mi sarei immaginata, ed è solo l'inizio. Il mio grazie è rivolto in particolare ad Andrea Damiani per essere stato un ottimo primo capo e a Michela Griglione per continuare a dare un (necessario) tocco femminile al reparto della manutenzione. Il ringraziamento più dovuto va a Giorgio Mirone, per la fiducia che ha riposto in me e per tutte le opportunità e sfide mi concede ogni giorno.

Grazie al mio Relatore Alessandro Chiaraviglio, per essere stato un Professore in grado di ispirarmi ed appassionarmi e per avermi aiutata in quest'ultima avventura universitaria.

Ringrazio la mia meravigliosa, pazza e sconclusionata famiglia: vi devo tutto e vi voglio tanto bene; le mie amiche di sempre, che non mi hanno mai abbandonata, nonostante i miei periodi lontana da Torino e il mio essere sempre impegnatissima; i miei compagni di corso, per tutto quello che questo percorso ci ha portato a condividere; il mio Amore grande, per essere al mio fianco giorno dopo giorno. Grazie a tutti: senza questa esatta combinazione di volti, esperienze e città non sarei quei oggi.

Infine, grazie a me stessa, per non aver mai mollato e per aver messo sempre il massimo impegno in tutto.