



**UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE
MARCHE**

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

**Applicazione di principi Lean a processi di Pianificazione della
produzione e gestione del magazzino: il caso di studio**

Electrolux, ITB Cerreto Plant

**Lean principles applied to Production Planning and Warehouse
Management: Electrolux case of study, ITB Cerreto Plant**

RELATORE: *Chiar.mo*

Prof. Ing. Maurizio Bevilacqua

CANDIDATA:

Benedetta Renzi

Anno Accademico 2021-2022

INDICE

INTRODUZIONE	3
CAPITOLO 1: INTRODUZIONE ALLA LEAN MANUFACTURING	6
1.1. Cos'è la Lean Manufacturing	6
1.2. Il Toyota Production System (TPS)	6
1.2.1. I cinque principi del Lean Thinking	9
1.2.2. I sette Sprechi (MUDA)	9
1.2.3. Il primo pilastro: Just-in-Time.....	13
1.2.4. Il secondo pilastro: Jidoka	13
1.2.5. I principi fondamentali del TPS	14
1.3. Lean Manufacturing in Electrolux: Electrolux Manufacturing System	15
1.3.1. Introduzione: il modo di raggiungere l'eccellenza operativa secondo Electrolux	15
1.3.2. Modello EMS	16
1.3.3. Principi	17
CAPITOLO 2: IL PROCESSO DI PIANIFICAZIONE DELLA PRODUZIONE DEL SITO ITB CERRETO PLANT	20
2.1. Processo di produzione.....	21
2.1.1. Programmazione dei fabbisogni di materiali	29
2.1.2. Pianificazione della capacità produttiva	32
2.1.3. Controllo delle attività produttive	37
2.2. Miglioramento dei processi	45

2.2.1. Livellamento di linea	46
2.2.2. SMED	46
2.2.3. Manutenzione Produttiva.....	47
2.3. La pianificazione della produzione in ottica EMS	48
2.3.1. KPI per il controllo della produzione	53
CAPITOLO 3: ANALISI DEI MAGAZZINI DEL SITO ITB CERRETO PLANT	57
3.1. Warehouse Management	57
3.2. Gestione delle scorte.....	60
3.3. Gestione del Magazzino: il caso ITB Cerreto Plant	63
3.3.1. KPI per il controllo del magazzino.....	67
BIBLIOGRAFIA	68

INTRODUZIONE

Il progetto di tesi descritto in questo elaborato si è svolto presso l'azienda Electrolux di Cerreto D'Esì (AN), stabilimento in cui vengono prodotte cappe da cucine destinate ad uso domestico. L'elaborato ottenuto è il risultato dell'implementazione di una *lean production* all'interno della pianificazione e del controllo della produzione.

Nel contesto industriale degli ultimi anni il modello tradizionale d'impresa non risulta più adatto alle circostanze in cui si trovano le aziende, sempre più sottoposte ad una pressione competitiva e di diversa natura. Le imprese, infatti, si trovano a competere in un contesto globale con elevata concorrenza in cui la domanda è sempre più incerta ed i gusti dei consumatori sono sempre più complessi. Risulta dunque difficile per i pianificatori e i programmatori di produzione, riuscire a prevedere i fabbisogni necessari alla produzione con largo anticipo e coordinare tutte le risorse necessarie nel modo corretto: modifiche, aggiunte e aggiornamenti sono attività che vengono svolte all'ordine del giorno nel reparto produttivo. La gestione delle scorte e la logistica hanno assunto un ruolo di primo piano in questo cambiamento, in quanto permettono di migliorare notevolmente la gestione aziendale, nella quale gli sprechi non sono più accettati. Per questo motivo molte aziende hanno deciso di adottare la filosofia della Lean Production, che ha come obiettivo principale l'eliminazione di tutte quelle attività considerate non a valore aggiunto. L'obiettivo ultimo di tale elaborato è quello di analizzare e ottimizzare la pianificazione della produzione mappando i meccanismi che la costituiscono al fine di determinare una filiera produttiva Lean, ovvero un processo interamente composto da attività a valore per il cliente finale.

La tesi si articola nel seguente modo:

- Il Capitolo 1 ha lo scopo di presentare i concetti generali riguardanti la Lean Production, di definire le origini della produzione snella, i principi sui cui si fonda e il modo in cui Electrolux ha declinato i principi della Lean Manufacturing nei principi dell'Electrolux Manufacturing System.
- Il Capitolo 2 presenta la pianificazione della produzione, le sue fasi e le tecniche utilizzate per migliorare i processi produttivi all'interno dell'azienda, soffermandosi sui principi dell'EMS utilizzati per il miglioramento.
- Il Capitolo 3 ha lo scopo di presentare l'analisi delle scorte come attività fondamentale per i processi di pianificazione e il collegamento tra la mancanza di materiali l'influenza che ha sulla produzione.

Capitolo primo

INTRODUZIONE ALLA LEAN MANUFACTURING

1.1. Cos'è la Lean Manufacturing

La Lean Manufacturing è una modalità di gestione dei processi il cui fine è generare un valore aggiunto per il cliente più alto possibile e minimizzare la quantità di sprechi generati durante la realizzazione del prodotto o servizio.

La Lean Manufacturing comprende tutte quelle azioni di miglioramento continuo che permettono di ottimizzare il flusso di produzione, minimizzando gli sprechi.

Gli sprechi comprendono tutte quelle attività che non aggiungono valore al prodotto o servizio che verrà usufruito dal cliente; quindi, sono costi in più per i quali il cliente non è disposto a pagare. Di conseguenza, bisogna identificare dove sono presenti sprechi di tempo, di risorse e di materiali e poi capire come rimuovere questi sprechi dal processo.

Per questo motivo la Lean Manufacturing può essere considerata come una filosofia che deve essere abbracciata da tutti i componenti dell'azienda. Ogni singolo dipendente deve vedere le azioni che intraprende come parte di un processo più grande e ognuno, nella sua fase, deve minimizzare al massimo gli sprechi e semplificare il proprio lavoro.

1.2. Introduzione generale: il Toyota Production System (TPS)

La Lean Manufacturing si basa sul "Toyota Production System", sviluppato da alcuni manager della Toyota, tra cui Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda, ed in particolare da Taiichi Ohno in Giappone tra gli anni '50 e '60.

Il Toyota Production System è un metodo strategico di organizzazione della produzione che deriva da una filosofia alternativa rispetto alla produzione di massa, ovvero alla produzione in serie e spesso su larga scala basata sulla catena di montaggio di Henry Ford.

Il Toyota Production System è orientato al rispetto degli attori appartenenti al sistema, all'utilizzo efficace del tempo necessario per lo sviluppo dei processi e al contributo personale al **miglioramento continuo del processo**.

Il Toyota Production System si fonda sul principio di “fare di più con meno”, cioè il principio di utilizzare le risorse che si hanno a disposizione nel modo più produttivo possibile con l'obiettivo di incrementare notevolmente la produttività della fabbrica.

Per trasmettere in modo più chiaro possibile i principi e gli strumenti del che costituiscono il Toyota Production System viene spesso illustrato con una figura che rappresenta una casa.

Il tetto, con la sua punta rivolta verso il cliente, rappresenta l'obiettivo comune a tutti gli attori che fanno parte del sistema di produzione: ottenere la migliore qualità, al prezzo più basso e nel minor tempo possibile. In questo modo viene messo in pratica il primo principio fondamentale del TPS: raggiungere un livello di valore più elevato possibile.

Per ottenere ciò viene utilizzato un insieme di strumenti basati sul principio comune dell'individuazione ed eliminazione degli sprechi, il termine Muda identifica come “spreco” l'insieme di tutte quelle attività o modalità di utilizzo delle risorse che non aggiungono valore al prodotto. Il principio di zero sprechi (Muda) viene raffigurato nell'architrave che sorregge il tetto, ovvero indica che si trova alla base della creazione del valore.

Il sistema di produzione del TPS poggia su due pilastri: Just In Time (JIT) e Jidoka. Il primo pilastro è composto a sua volta da tre elementi: Sistema di tipo Pull, Sistema One-Piece-Flow (flusso continuo) e Takt Time (ritmo di produzione). È un metodo organizzativo-

logistico del sistema produttivo che ha come fine l'eliminazione degli stock e delle giacenze in fabbrica. Il secondo pilastro può essere definito come “automazione con un tocco umano”, permette di eliminare il rigido legame tra uomo e macchina poiché la macchina non necessita del controllo continuo dell'operato e gli sprechi vengono eliminati.

Per far in modo che il principio Zero Sprechi sia efficace bisogna operare su tutti gli aspetti del processo produttivo con un approccio basato sul miglioramento continuo e a piccoli passi. Ciò viene rappresentato come Kaizen nel basamento della casa, al di sotto delle colonne, il che sta ad indicare che si trova appunto alla base del sistema di produzione del TPS.

Gli straordinari risultati ottenuti utilizzando questo nuovo modello organizzativo reso popolare il metodo utilizzato conosciuto oggi come Lean Production o produzione snella, chiamata così per evidenziare l'eliminazione di tutto ciò è ritenuto superfluo appesantendo il sistema generando solamente costi anziché valore.

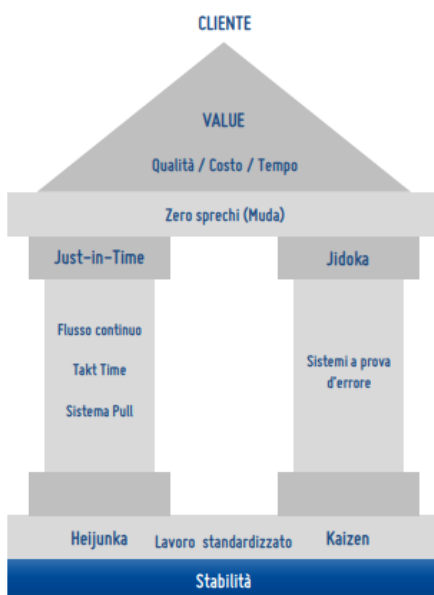


Figura 1 – rappresentazione del TPS

1.2.1. I cinque principi del Lean Thinking

Il Lean Thinking o pensiero snello, è un metodo di gestione il cui scopo è la semplificazione del lavoro attraverso l'identificazione e l'eliminazione degli sprechi. Fanno parte di questi sprechi tutte quelle attività, eseguite durante la produzione, che assorbono risorse senza creare valore. I principi chiave che racchiudono il Lean thinking e che devono essere seguiti da una azienda per adottare ed implementare la metodologia della Lean Production sono cinque.

Il primo principio: Definire il valore (VALUE)

Il principio da cui partire per poter implementare la Lean Production è il concetto di definizione del valore dal punto di vista del cliente. Considerando l'insieme di azioni eseguite per produrre un prodotto, solo una piccola parte aggiunge effettivamente valore per il cliente finale. Di conseguenza, è di fondamentale importanza specificare il valore del prodotto secondo la prospettiva del cliente, in modo da rimuovere passo dopo passo tutte le attività che non aggiungono valore e che sono quindi considerato fonte di spreco.

Il secondo principio: MAP

Una volta specificato cos'è il valore per il cliente, è necessario identificare tutte quelle attività che lo creano, ovvero bisogna identificare il flusso del valore al fine di ottimizzarlo. L'analisi comprende tutte le attività che vanno dalla progettazione, alla gestione dell'ordine sino alla produzione del prodotto, in modo da mappare:

- Le attività che creano valore percepito come tale dal cliente;
- Le attività che non creano valore, ma che sono indispensabili per i sistemi di produzione e gestione, attività che non possono essere immediatamente eliminate, ma possono essere gradualmente ridotte.

- Le attività che non creano valore e che possono essere eliminate da subito.

Il terzo principio: FLOW

Una volta che è stato definito il valore per il cliente, che è stato completamente mappato e che sono state eliminate tutte le fonti di spreco non necessarie per la produzione del prodotto, bisogna focalizzarsi sulle attività che creano valore. Bisogna fare in modo che le attività creatrici di valore fluiscano in modo costante e continuo, realizzandole per processi e non per funzioni. Per fare ciò è necessario riorganizzare il lavoro e trovare una struttura in grado di facilitare il flusso.

Il quarto principio: PULL

Bisogna impostare i processi con una logica di tipo “Pull”, ovvero iniziare un’attività legata alla realizzazione di un prodotto solamente nel momento in cui il cliente (interno o esterno) lo richiede. Questa modalità consente di mantenere un livello di scorte non troppo elevato sia da parte del produttore del bene, sia dei suoi fornitori e così via sino alle aziende produttrici delle materie prime. Un altro beneficio immediato che apporta la gestione “Pull” dei processi è l’eliminazione dell’incertezza nella previsione della domanda, in quanto l’azienda produce esattamente ciò che è richiesto dal cliente.

Il quinto principio: PERFECTION

Una volta definito accuratamente il valore, identificato il flusso di valore, fatto sì che i diversi passaggi fluiscano con continuità e che il cliente possa “tirare” il valore dell’impresa, è necessario perseguire la perfezione tramite continui miglioramenti (Kaizen).

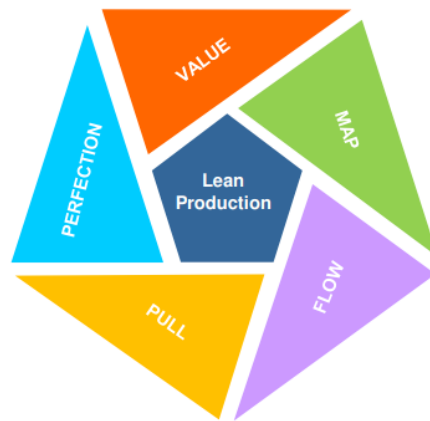


Figura 2 – rappresentazione dei cinque principi della Lean Production

1.2.2. I sette Sprechi (MUDA)

Gli strumenti da mettere in pratica per ottenere un'organizzazione snella sono sviluppati partendo dal principio di identificazione ed eliminazione degli sprechi. Lo spreco è costituito da tutte quelle attività o modalità di utilizzo delle risorse che non forniscono al prodotto un valore aggiunto secondo il cliente. Di conseguenza gli sprechi vanno eliminati in quanto il cliente non è disposto a pagare di più. Gli sprechi sono inoltre classificati in sette tipologie, esposte di seguito.

- Sovraproduzione: consiste nella produzione di componenti o prodotti finiti in quantità superiore alla domanda effettiva. Viene considerato come lo spreco più pericoloso in quanto comporta l'utilizzo di risorse aziendali, l'impiego di magazzini interni per stoccare prodotti in attesa che questi siano venduti, senza la certezza di quando e se verranno venduti.
- Attese: è lo spreco più facilmente individuabile, corrisponde ad un periodo di inattività di un operatore; durante l'attesa l'operatore non svolge alcun lavoro poiché non ha a disposizione materiale che deve giungere dal fornitore, dal magazzino o dalla produzione.

- **Trasporti:** il trasporto corrisponde ad un'attività che non porta valore aggiunto poiché non implica alcuna trasformazione del prodotto ma è un'attività fondamentale per far in modo che il prodotto venga realizzato.
- **Processo:** questo tipo di spreco si verifica quando il processo produttivo non dispone di mezzi (attrezzature, macchinari, operatori) e procedure adeguate al prodotto che viene realizzato.
- **Scorte:** la produzione che eccede i reali fabbisogni è considerata uno spreco sia di spazio che di risorse finanziarie. Con il termine scorte si identifica infatti tutto ciò che giace in attesa di una lavorazione successiva o di essere venduto, si tratta quindi di tempo durante il quale non viene aggiunto al prodotto alcun valore. Inoltre, la continua movimentazione da un luogo all'altro di materiale di scorta può creare inconvenienti legati al danneggiamento da trasporto, e il materiale in giacenza può peggiorare la sua qualità e diventare obsoleto.
- **Rilavorazioni:** sono azioni necessarie per correggere i difetti derivanti dall'esecuzione di operazioni che implicano la produzione di un pezzo non conforme. Un prodotto difettoso e quindi non conforme comporta per l'azienda grossi oneri sia finanziari che di immagine. In più il costo legato alla non conformità risulta maggiore se viene rilevato dal cliente, poiché risulta necessario impostare una struttura in grado di gestire i reclami, sostenere le spese derivanti dalle riparazioni, dallo smontaggio e riassettaggio e dalla consegna.

Le principali cause dei 7 tipi di sprechi sono individuabili in un layout inadeguato, nei lead time troppo lunghi, nell'inadeguatezza del processo produttivo, nella manutenzione inadeguata, nelle scarse procedure di lavoro, nella mancanza di formazione del personale,

nella scarsa capacità di supervisione, nell'errata progettazione del prodotto o del processo produttivo, nella mancanza di indicatori di Performance, nell'inefficiente pianificazione e programmazione della produzione, nell'inadeguatezza delle attrezzature, nella mancanza di organizzazione dello spazio di e nella qualità dei fornitori.

1.2.3. Il primo pilastro: Just-in-Time

Il Just-In-Time (JIT) è un metodo di gestione industriale finalizzato all'eliminazione degli stock e delle giacenze di materiale in fabbrica. Si basa sul concetto di organizzazione della produzione sincronizzata con la domanda, ovvero produrre solo quando è presente una richiesta effettiva del cliente. Attraverso questa modalità di organizzare si riduce drasticamente la presenza di materiale fermo in attesa di essere lavorato, riducendo quindi il tempo totale di attraversamento che passa da giorni a ore.

Il JIT si compone di tre elementi:

- Sistemi di tipo Pull: la produzione è guidata dai clienti, i beni si producono solamente nel momento in cui il cliente a valle, sia interno che esterno, li richiede.
- Sistema One-Piece-Flow o flusso continuo: è un modo per organizzare l'avanzamento dei materiali "uno alla volta", con la possibilità di cambiare modello di prodotto ad ogni passaggio, in un flusso continuo.
- Takt Time: è il parametro che lega la produzione al mercato, esprime il tempo in cui deve essere realizzata un'unità di prodotto, si tratta quindi del ritmo produttivo che deve essere sostenuto per soddisfare la domanda del cliente.

1.2.4. Il secondo pilastro: Jidoka

Il termine Jidoka può essere definito come "automazione con un tocco umano", indica che si unisce l'intelligenza dell'uomo con l'intelligenza della macchina. Il punto

fondamentale del Jidoka è che vengono utilizzate procedure a prova di errore affinché l'output sia con qualità al 100%.

Per raggiungere questo obiettivo sono necessarie due condizioni:

- l'impianto o la macchina deve essere in grado di individuare un malfunzionamento che non assicura la qualità e fermarsi per permettere di correggere il problema.
- l'intervento sulla macchina o sull'impianto non deve in alcun modo alterare la qualità dell'output

Queste due condizioni sono garantite introducendo nel sistema produttivo grandi dosi di "intelligenza umana" per ottenere macchine "intelligenti". Gli impianti e le macchine vengono dotati di dispositivi di fermata, che si attivano quando si verificano condizioni che provocherebbero un abbassamento della qualità. In questo modo la macchina non ha più bisogno dell'osservazione continua dell'uomo che può dedicarsi ad attività a valore aggiunto. Viene quindi eliminato il legame rigido tra uomo e macchina e di conseguenza ridotti gli sprechi dovuti alle attese degli operatori.

1.2.5. I principi fondamentali del TPS

I fondamenti del TPS sono rappresentati dal:

- Heijunka: indica il livellamento di produzione che equilibra il carico di lavoro all'interno della cella produttiva minimizzando le fluttuazioni di fornitura. Affinché la produzione eviti gli sprechi, sia efficiente e recepisca velocemente le richieste di mercato, è di fondamentale importanza riuscire non solo a programmare ma a rendere equilibrata la produzione. Il metodo Kanban e l'indicatore OEE sono alcuni degli strumenti che accorrono in aiuto per il livellamento della domanda.

- Standardized Work (o lavoro standardizzato) corrisponde a quell'insieme di procedure operative elaborate da tutto il personale aziendale e che coinvolgono macchine e materiali volte a massimizzare la qualità e l'efficienza dei processi, assicurando al contempo un elevato grado di prevedibilità e sicurezza del lavoro.
- Kaizen: indica il miglioramento continuo poiché ogni giorno avviene la ricerca della perfezione che non deve aver mai fine. Applicare il Kaizen non richiede grandi investimenti ma richiede l'ottimizzazione delle risorse disponibili impiegate per eliminare le inefficienze.

1.3. Lean Manufacturing in Electrolux: Electrolux Manufacturing System

1.3.1. Introduzione: il modo di raggiungere l'eccellenza operativa secondo Electrolux

Electrolux è un'azienda multinazionale svedese che produce elettrodomestici di uso domestico e professionale. La notevole espansione dell'azienda ha portato la necessità di attuare un processo di miglioramento dell'efficienza degli stabilimenti e di unificazione delle procedure. Di conseguenza è nata la necessità di disporre parametri di misura delle *performance* che consentissero un confronto oggettivo di tutti i siti industriali, di una serie di procedure standard per tutte le unità e di miglioramento qualitativo della produzione. Per questo motivo nell'ottobre 2005, Electrolux è diventata una delle prime aziende di elettrodomestici ad istituire un programma globale di standardizzazione del sistema produttivo, l'Electrolux Manufacturing System (EMS) che si basa sui principi del *lean thinking*. L'EMS ha rappresentato la prima importante iniziativa a livello globale per tutto il gruppo, dal giorno in cui è stato fondato, i principi e i comportamenti dell'EMS hanno guidato il modo in cui vengono condotte tutte le realtà produttive del gruppo Electrolux. Il quadro strategico, che definisce lo scopo, la missione ed i fattori chiave, è fortemente

supportato dagli strumenti e dai metodi EMS che permettono di lavorare secondo principi di miglioramento continuo nelle aree chiave della sicurezza, qualità, costi e consegne, con l'obiettivo finale di raggiungere l'eccellenza produttiva. Inoltre, EMS ha svolto un ruolo fondamentale nell'integrazione di nuove acquisizioni in tutte realtà produttive. L'approccio standardizzato, basato sul miglioramento dei processi e sul cambiamento culturale, ha immediatamente diffuso il modo di lavorare Electrolux in tutte le nuove località del mondo. L'EMS è un esempio di come un approccio comune sia stato applicato su scala globale con risultati eccezionali.

1.3.2. Il modello EMS

Partendo dai principi del *lean thinking* e dai principi fondamentali del TPS, è stato sviluppato l'Electrolux Manufacturing System. L'EMS si basa su 3 elementi fondamentali: la Stabilità, il Miglioramento dei Processi e il Cambiamento Culturale. Nello schema, questi tre elementi sono raffigurati come tre ruote.



Figura 3 – Il modello EMS

La Stabilità corrisponde all'elemento base per raggiungere ulteriori miglioramenti, in quanto permette di ottenere processi sicuri, efficaci e standardizzati riducendo al minimo gli sprechi, consente inoltre di misurare il miglioramento delle prestazioni.

Il Miglioramento dei Processi analizza costantemente il modo di lavorare al fine di raggiungere l'eccellenza nelle prestazioni operative quali: Sicurezza, Qualità, Costi e Consegne.

Il Cambiamento Culturale è fondato su una solida Leadership, sullo sviluppo delle persone e sul coinvolgimento di ogni membro del gruppo Electrolux.

Ogni elemento fondamentale ha principi e strumenti ad esso collegati che saranno esposti nel paragrafo successivo.

1.3.3. Principi EMS

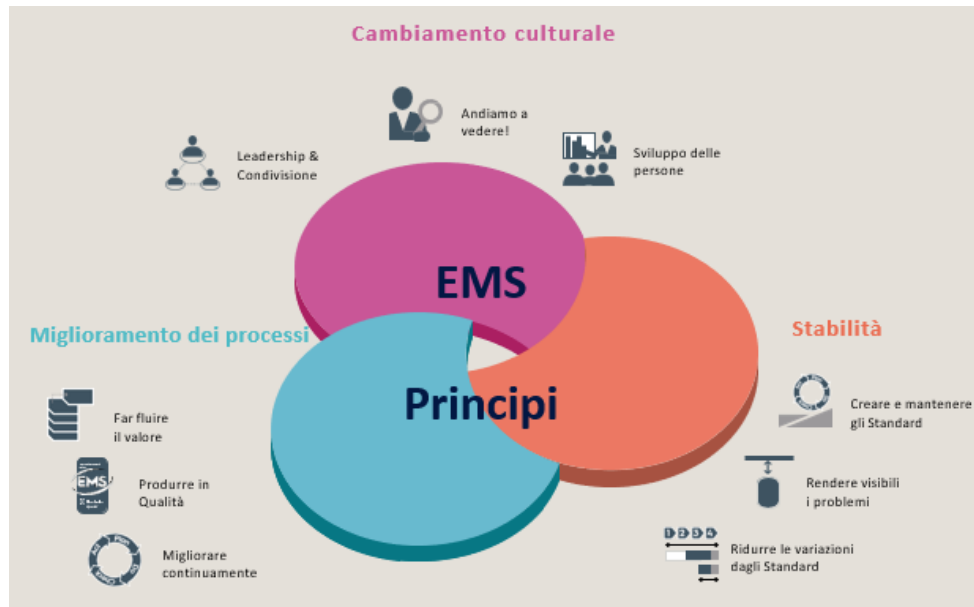


Figura 4 – I principi EMS

L'Electrolux Manufacturing System cerca di creare un'eccellenza culturale e operativa nelle proprie sedi industriali attraverso l'applicazione dei principi EMS, i quali portano verso l'eccellenza incrementando al massimo il flusso del valore, allineando e incoraggiando le persone appartenenti al team e trasformando la cultura organizzativa.

I nove principi dell'EMS descrivono gli obiettivi che si vogliono raggiungere attraverso strumenti e tecniche, in più costituiscono le fondamenta dell'EMS.

Attraverso la realizzazione di una cultura nella quale ogni membro del gruppo si identifica, viene creata un'organizzazione con un alto livello di apprendimento che porta valore ai clienti e azionisti.

I nove principi su cui si basa l'EMS sono raggruppati in base agli elementi dell'EMS esposti in precedenza, potremmo quindi classificare i principi in base alle componenti di stabilità, miglioramento dei processi e cambiamento culturale, essendo appunto alla base dell'EMS:

I principi che garantiscono la stabilità sono:

- Creare & Mantenere gli standard: comprendono tutte quelle azioni che supportano la sostenibilità del miglioramento consentendo di conservare l'apprendimento man mano che il miglioramento viene messo in atto.
- Rendere visibili i problemi: attraverso l'utilizzo di semplici indicatori visivi è possibile far emergere un problema per poi applicare contromisure efficaci e affrontare la causa principale
- Ridurre le variazioni dagli standard attraverso la creazione di consistenza e progettando processi di lavoro con contenuti ripetibili ad alto valore aggiunto.

I principi che garantiscono il miglioramento dei processi sono:

- Far fluire il Valore: attraverso la movimentazione rapida di materiali e la condivisione in *real time* di informazioni al fine di collegare processi e persone ai clienti finali.
- Produrre in Qualità: è una filosofia su cui si basa l'idea di valore percepita dal cliente.
- Migliorare continuamente: ricercare la perfezione attraverso l'uso quotidiano del ciclo PDCA (Plan Do Check Act).

I principi che garantiscono il cambiamento culturale sono:

- Leadership & Condivisione: sono necessarie una visione e uno scopo comuni affinché tutti i componenti del team siano allineati in modo da mettere in pratica tutto il loro potenziale.

- Andiamo a vedere! Osservazione diretta sul campo per supportare la comunicazione con i fatti e guidare l'interazione tra i dipendenti.
- Sviluppo delle persone: consiste nel focalizzarsi sulla creazione di capacità organizzative per consentire miglioramenti futuri.

Capitolo secondo

ANALISI DEL PROCESSO DI PIANIFICAZIONE DELLA PRODUZIONE DEL SITO ITB CERRETO PLANT

2.1. Processo di produzione

Il processo di produzione comprende tutte quelle attività che permettono di trasformare il materiale di partenza, attraverso l'impiego di macchine e/o manodopera, utensili, energia e informazioni, in prodotti che hanno un valore aggiunto per il cliente.

Il processo può essere schematizzato nel seguente modo:

- Si parte da un materiale di partenza, che può essere materia prima o un semilavorato
- Vengono attuati dei processi produttivi che richiedono l'impiego di: informazioni, materiali, energia e risorse umane e/o macchine
- Si ottiene poi il materiale trasformato, il quale ha un valore aggiunto, più scarti e sfridi

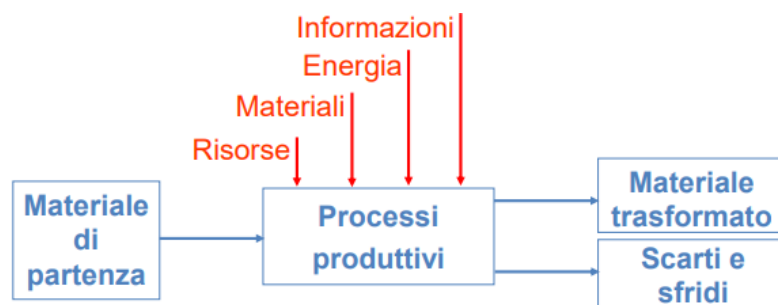


Figura 5 – Schema del processo di produzione

La produzione può essere analizzata secondo tre punti di vista differenti con una metodologia chiamata classificazione a tre assi: si hanno l'asse del mercato, l'asse tecnologico e l'asse gestionale, i quali rappresentano i tre punti di vista secondo i quali avviene la classificazione.



Figura 6 – Classificazione a tre assi

Secondo l'**asse del mercato** la classificazione della produzione è basata sulle modalità di vendita, si può avere una produzione:

- su commessa singola o ripetuta: in questo caso vengono realizzati prodotti su richiesta del cliente
- a magazzino: la realizzazione dei prodotti è basata su previsioni di mercato

Secondo l'**asse tecnologico** la classificazione della produzione è basata sulle modalità di realizzazione del prodotto, la produzione può avvenire:

- per parti o manifatturiera: in questo caso il prodotto è composto da un numero finito di componenti discrete (parti). Il processo produttivo è costituito tipicamente da due fasi:
 - la **fabbricazione** che è l'insieme delle operazioni che modificano forma, dimensioni, proprietà e/o stato superficiale di singole parti
 - l'**assemblaggio** che corrisponde all'insieme delle operazioni di montaggio di singole parti per formare un assieme (sotto assemblato o prodotto finito).

- per processo: gli elementi originari costituenti il prodotto non sono facilmente identificabili alla fine del processo produttivo; infatti, il prodotto è considerato non scomponibile.

Secondo **l'asse gestionale** la classificazione è basata sul volume di produzione, si divide in:

- produzione unitaria: prevede piccoli volumi della stessa tipologia di prodotto, il numero di pezzi/anno è compreso tra 1 e 100 unità
- produzione per lotti: prevede lotti dello stesso tipo di prodotto che possono essere singoli o ripetuti, la gamma di prodotti può essere costituita da articoli molto diversi, il numero di pezzi/anno per ciascun articolo è compreso tra 100 e 10.000 unità
- produzione cellulare: prevede medi volumi di produzione, avviene la realizzazione simultanea di prodotti diversi purché appartenenti alla stessa famiglia. Prevede una o più *celle di produzione* formate dall'insieme di macchine in grado di realizzare simultaneamente prodotti diversi con tempi di *setup* praticamente nulli, purché i prodotti appartengano tutti alla stessa *famiglia*, costituita da articoli con caratteristiche di produzione simili
- produzione di massa: avviene la produzione di grandi quantità dello stesso tipo di articoli o di una gamma limitata di articoli molto simili tra loro, il numero medio di parti/anno va da 10.000 a milioni di parti. Si divide in:
 - produzione a quantità: avviene la produzione di singole parti o componenti e si utilizzano macchine standard equipaggiate.
 - produzione a flusso: la produzione è realizzata attraverso più stazioni disposte secondo una sequenza dettata dal ciclo di lavorazione o di assemblaggio del prodotto, la sequenza varia al variare della tipologia di prodotto

Affinché un prodotto venga realizzato è necessaria l'attuazione dei processi di produzione e l'efficientamento degli stessi, le fasi necessarie per la realizzazione della produzione sono:

- Progettazione del prodotto
- Scelta e pianificazione dei processi
- Progettazione del sistema di produzione
- Programmazione e gestione della produzione

1. Progettazione del prodotto

La fase di progettazione costituisce una fase di tipo concettuale in cui viene definito il principio di funzionamento e un primo schema di massima del prodotto. L'input può essere costituito da un ordine ricevuto dal cliente, nel caso in cui si ha una produzione su commessa, o dall'identificazione delle esigenze del cliente, del mercato a cui appartiene e della concorrenza attuale ed emergente, nel caso in cui si ha una produzione a magazzino. Può prevedere la realizzazione di prototipi virtuali, ottenuti utilizzando strumenti di simulazione computerizzata, o fisici che permettono di eseguire sperimentazioni per valutare le prestazioni del prodotto e per migliorarle attraverso modifiche. Vengono utilizzate anche informazioni provenienti dalle attività di R&D per migliorare le prestazioni e la competitività dei nuovi prodotti o di quelli già esistenti.

Gli output della fase di progettazione sono

- disegni nei quali viene descritto l'assieme finale, i sottoassiemi e le parti
- distinta base o dei materiali

2. Scelta e pianificazione dei processi

L'output della fase di progettazione corrisponde all'input delle attività di pianificazione dei processi produttivi, sulla base di ciò che è stato deciso precedentemente occorre

decidere quali parti fabbricare internamente e quali parti acquistare. Per le parti da produrre internamente è necessaria la realizzazione del **ciclo di lavorazione**, o piano di processo, e per le parti realizzate esternamente la pianificazione è realizzata dal fornitore, sebbene talvolta avvenga in collaborazione con il committente.

Scegliere correttamente e ottimizzare la tecnica produttiva è fondamentale per ottenere il prodotto che abbia le specifiche desiderate e che venga realizzato in modo economicamente vantaggioso e nel rispetto dei vincoli di tempo.

La scelta del processo avviene considerando anche:

- l'impatto ambientale
- la sicurezza e la salute degli operatori
- i rischi che si possono verificare durante le varie lavorazioni

3. La progettazione del sistema di produzione

In questa fase vengono definiti il layout del sistema di produzione che può essere a posizione fissa, per reparto, cellulare o per prodotto; la sequenza con cui devono essere disposte le macchine; il numero di ciascuna tipologia di macchina per soddisfare la domanda; il tipo di sistema di movimentazione e di immagazzinamento e le caratteristiche del sistema di controllo. Viene sviluppato il piano di processo che contiene informazioni riguardanti la tipologia dei processi, le macchine da utilizzare, la sequenza delle operazioni, ovvero tutte quelle informazioni necessarie per la progettazione del sistema di produzione.

4. Programmazione e gestione della produzione

È una fase di fondamentale importanza affinché si attui una gestione ottimale delle risorse necessarie per realizzare il prodotto nel rispetto della quantità stabilita, del costo stabilito e dei tempi di consegna. Permette di ottenere:

- il piano aggregato di produzione
- il piano principale di produzione
- il piano dei fabbisogni dei materiali
- il piano della capacità produttiva

La gestione della produzione

Comprende la gestione dell'insieme di operazioni presenti nei sistemi di produzione, ed è suddivisa su tre livelli fondamentali di pianificazione:

- Pianificazione **strategica**
- Pianificazione **operativa**
- Pianificazione **dettagliata ed esecutiva**



Figura 7- Schema di gestione della produzione

PIANIFICAZIONE STRATEGICA

Viene definito il modo in cui deve operare l'organizzazione, vengono prese poche decisioni ma riguardano un orizzonte temporale molto ampio il cui impatto si ripercuote su tutta l'organizzazione.

Viene definito cosa e come produrre, se internamente oppure esternamente, bisogna identificare la tipologia di struttura più adatta allo scopo e confacente alle strategie, rispettare

le scadenze delle principali attività, quali ingresso nel mercato, acquisizione di nuova capacità produttiva, e le misure di prestazione. Permette di sviluppare piani funzionali quali:

- **il piano di mercato** che specifica le modalità di competizione sul mercato
- **il piano finanziario** il quale definisce il ruolo della finanza nella strategia e include i piani per il flusso di cassa e le spese in conto capitale
- **il piano generale di produzione** che specifica le risorse produttive necessarie, il loro impiego e le quantità prodotte, l'output è definito in termini aggregati e stabilisce anche le linee guida e le politiche con cui opera la produzione

PIANIFICAZIONE OPERATIVA

In questa fase vengono trasformati gli obiettivi strategici in piani operativi, ovvero piani più specifici e dettagliati, quali:

- piano aggregato di produzione
- piano principale di produzione
- piano dei fabbisogni dei materiali
- piano della capacità produttiva

Piano aggregato di produzione o *APP (Aggregate Production Plan)*

Permette, in accordo con i piani funzionali, di organizzare e assegnare le risorse esistenti e di verificare l'adeguatezza con il piano della domanda. Il termine aggregato sottolinea il raggruppamento dei prodotti in classi omogenee. È ottenuto attraverso l'analisi e il bilanciamento tra capacità richiesta e capacità disponibile agendo su domanda e risorse. Si riferisce a un orizzonte temporale di medio termine, tale da non consentire la modifica del livello delle risorse disponibili se non nell'ambito dell'elasticità residua delle stesse. Il piano aggregato di produzione è la base di partenza per la programmazione dettagliata.

Piano principale di produzione o *MPS (Master Production Schedule)*

Rappresenta il piano che definisce la tipologia dei prodotti da realizzare, la quantità di ciascuna tipologia di prodotto da realizzare e i termini entro i quali devono essere consegnati.

Piano dei fabbisogni dei materiali o *MRP (Material Requirements Planning)*

È ottenuto determinando i fabbisogni netti dei materiali per ciascun tipo di prodotto finito e pianificando gli ordini di produzione e/o di acquisto.

L'Input per ciascun tipo di prodotto finito è dato da:

- il piano MPS
- il livello corrente di magazzino
- la distinta dei materiali: *BOM (Bill Of Materials)*
- il tempo di produzione
- il *lead time* degli ordini per ogni componente.

L'*output* per ciascun tipo di prodotto finito è il piano che descrive le quantità di ciascun componente o sottoinsieme da ordinare o da produrre in ogni intervallo di tempo assegnato.

Piano della capacità produttiva o *CP (Capacity Planning)*

Permette, attraverso il livellamento della capacità produttiva, di raggiungere i livelli di produzione richiesti. È ottenuto bilanciando la capacità produttiva necessaria per realizzare i prodotti finiti richiesti dall'MPS e quella disponibile operando sui livelli di magazzino, sul numero dei turni lavorativi, sulla quantità di risorse usate per la produzione e sull'ammontare degli ordini di produzione accettati.

PIANIFICAZIONE DETTAGLIATA ED ESECUTIVA

Comprende l'attuazione di parecchie decisioni in tempi molto brevi. Viene definita anche come **controllo della produzione** dal momento che regola e controlla le operazioni fisiche della produzione. Le attività di controllo della produzione comprendono:

- controllo di reparto
- controllo delle scorte
- il controllo dei fornitori
- il controllo della qualità

Il **controllo di reparto** (o *shop floorcontrol*) si occupa del monitoraggio del prodotto man mano che viene lavorato, assemblato, movimentato ed ispezionato. L'orizzonte temporale di riferimento è costituito dal breve e brevissimo termine, con livello di dettaglio dei dati da utilizzare elevato e senza grossi margini di variabilità. Consiste nelle fasi di:

- **assegnazione** dei lavori ai centri di lavorazione
- **sequenziamento** dei lavori in ciascun centro di lavorazione

Il **controllo delle scorte** si sovrappone al controllo di reparto e ha lo scopo di bilanciare il livello di magazzino e garantisce la disponibilità delle materie da lavorare quando sono necessarie.

Il **controllo dei fornitori** è una fase che permette di acquistare prodotti o servizi con il migliore rapporto costo/beneficio, selezionare fornitori affidabili e con prodotti di qualità, garantire nel tempo prodotti di qualità costante ed elevata e ridurre o evitare le non conformità.

Il **controllo di qualità** ha il compito di garantire che il prodotto rispetti le specifiche di progetto.

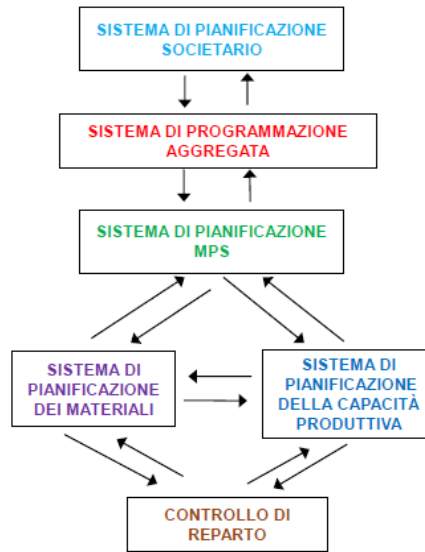


Figura 8 - Schema riassuntivo della gestione della produzione

2.1.1 Programmazione dei fabbisogni di materiali o *Material Requirements Planning*

Il piano MRP si basa sui dati forniti dal piano MPS, sullo stato del magazzino e sulla distinta dei materiali e fornisce le informazioni sui fabbisogni dei materiali e della capacità in funzione di quanto, cosa e come produrre. L'idea alla base dell'MRP è programmare l'approvvigionamento dei materiali in base al fabbisogno produttivo, per questo principio di funzionamento viene chiamato anche sistema *push* in quanto ciascuna attività è spinta a rispettare le scadenze dettate dalle attività a valle.

Si hanno sistemi computerizzati, generalmente software gestionali, sviluppati per gestire l'ordinazione e la pianificazione di articoli al fine di ridurre lo spreco tempo e di denaro, ovvero le inefficienze del processo produttivo.

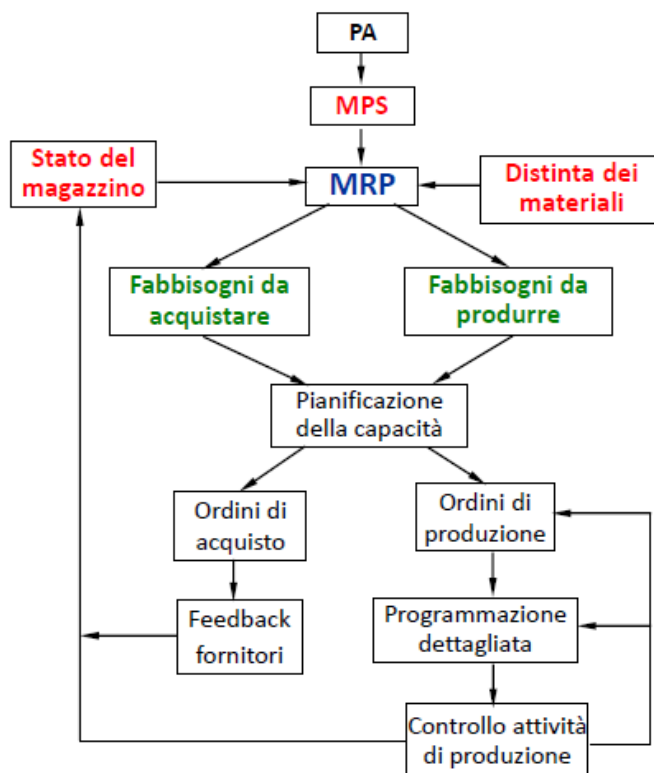


Figura 9 - Schema dell'MRP

Gli input dei sistemi MRP sono il piano MPS, la distinta base e lo stato del magazzino

Piano MPS

Fornisce indicazioni riguardanti la tipologia di prodotti finiti da produrre, la quantità da produrre e le date di consegna, considerando quindi i dati che vengono forniti, i piani MRP diventano inutili se si variano i piani MPS vi è quindi la necessità di “congelare” il piano fattibile, almeno per l'immediato futuro.

Distinta base o BOM (Bill of Material)

Descrive la struttura di un prodotto finito in termini di sottoinsiemi e componenti elementari, è rappresentabile come la lista delle parti necessarie per la realizzazione di un prodotto. La conoscenza della BOM è di fondamentale importanza in quanto consente di determinare

analiticamente le parti richieste per realizzare un prodotto e le quantità richieste di ciascuna parte. Viene creata dal progettista del prodotto sulla base di informazioni progettuali e tecnologiche fornite sotto forma di disegni o di carte di montaggio.

La BOM contiene informazioni riguardanti il prodotto finale, quali materiali, componenti e sottoinsiemi e informazioni riguardanti per ogni componente, quali numero di identificazione, descrizione e L_T di produzione o di approvvigionamento.

Può definire, oltre alla struttura del prodotto, anche le fasi del processo di produzione, l'elencazione nella distinta fatta in maniera gerarchica definendo la struttura del prodotto in termini di livelli di produzione.

Stato del magazzino

Corrisponde alla registrazione e alla contabilizzazione di tutti gli articoli in giacenza, queste informazioni sono completate da nomi dei fornitori, da date del ricevimento merci, da date di pagamento, da arrivi non puntuali, da ordini modificati o cancellati. In più, lo stato di magazzino contiene anche informazioni su *lead time* e sulla dimensione dei lotti.

L'*output* dell'MRP comprende: il piano temporale degli ordini programmati, l'emissione degli ordini, l'eventuale a variazione di ordini già programmati e le giacenze future.

Una limitazione dei piani MRP è data dal nervosismo che li caratterizza, il quale si manifesta quando si verificano cambiamenti, anche minimi, nei piani MPS che comportano variazioni significative nei piani MRP e provocano quindi instabilità dei piani MRP. Le variazioni dei piani MPS possono essere relative a: quantità ordinate e anticipi o ritardi degli ordini



Figura 10 – Input e output dei sistemi MRP

2.1.2. Pianificazione della capacità produttiva o *CP: Capacity Planning*

L'obiettivo della pianificazione della capacità produttiva è quello di garantire il bilanciamento tra capacità produttiva disponibile e capacità necessaria per la realizzazione della produzione richiesta.

Vengono utilizzate tecniche per valutare le esigenze di capacità richieste dal piano aggregato di produzione, dal *Main Production Schedule (MPS)* e dal *Material Requirement Planning (MRP)*, che saranno poi confrontate con la capacità disponibile.

La correlazione tra la pianificazione della capacità produttiva e gli altri moduli di programmazione è diversa a seconda dell'orizzonte temporale considerato come possiamo vedere nella figura seguente:

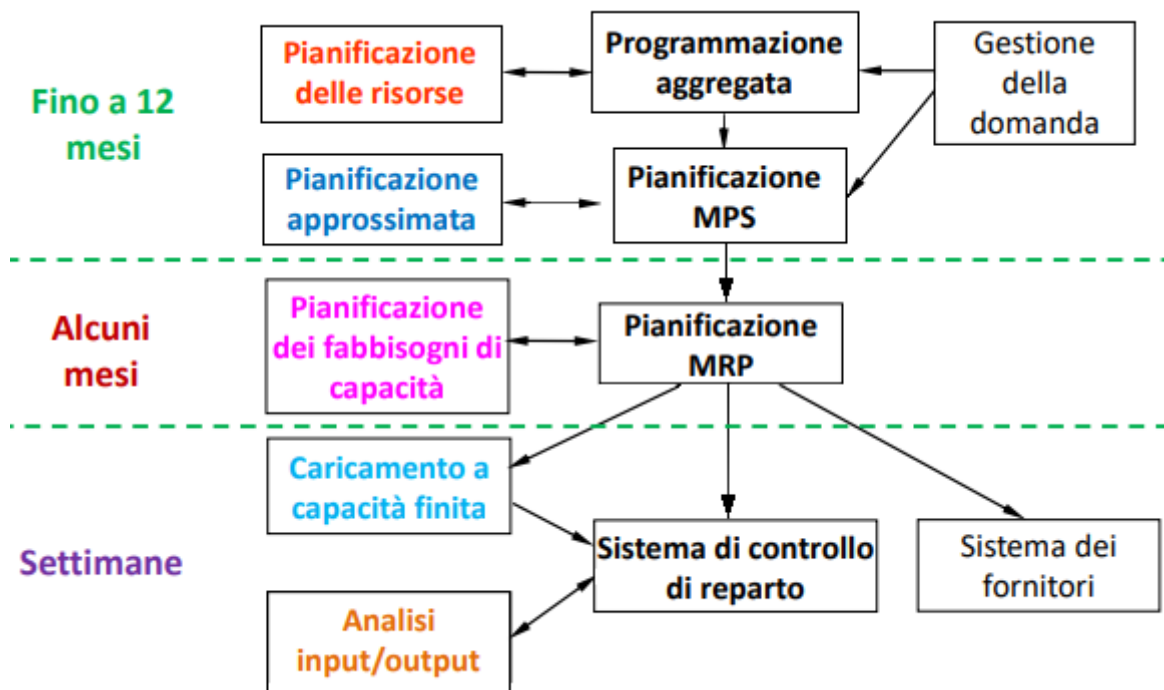


Figura 11 - Schema di CP in base all'orizzonte temporale

Sono utilizzate differenti funzioni di pianificazione della capacità a seconda dell'orizzonte temporale che si considera.

La **pianificazione delle risorse** rappresenta la funzione di pianificazione della capacità che permette la conversione del piano di produzione aggregato in risorse globali, quali ore di manodopera e ore macchina. Viene generato un piano con elevato livello di aggregazione di capacità che, nel caso in cui la disponibilità di risorse fosse insufficiente per soddisfarlo vi è la necessità di formulare un nuovo piano che risulti adeguato.

La **pianificazione approssimata** ha come *input* il piano MPS il quale rappresenta la più importante fonte di informazioni per questo tipo di pianificazione, la capacità è stimata con tecniche quali: programmazione mediante fattori globali, metodo delle distinte di capacità e metodo dei profili delle risorse.

La **pianificazione dei fabbisogni di capacità o *Capacity Requirements Planning (CRP)*** fornisce una pianificazione della capacità più dettagliata rispetto alle tecniche precedenti, le esigenze di capacità nei periodi in cui si suddivide l'orizzonte temporale sono calcolate partendo dai piani MRP relativi agli stessi periodi.

Il **caricamento a capacità finita** è una modalità di pianificazione della capacità che lega la programmazione di reparto alla disponibilità di capacità, viene distribuita la capacità di ciascun centro di lavoro negli ordini di lavoro, avviene quindi la pianificazione degli ordini di lavoro. Di conseguenza si verifica la necessità di avere la capacità specifica dei centri di lavorazione interessati.

L'**analisi *input/output*** consiste nel monitorare gli impieghi effettivi di capacità durante l'esecuzione dei piani MRP a livello di controllo di reparto, se le prestazioni effettive del reparto non corrispondono con quelle previste dal piano corrente è necessario aggiornare i piani di capacità oppure modificare i fattori di programmazione usati per la Pianificazione della Capacità Produttiva.

Le tecniche usate per la programmazione della capacità sono:

- Programmazione mediante fattori globali
- Metodo della distinta di capacità
- Metodo dei profili delle risorse
- Pianificazione dei fabbisogni di capacità (CRP)

La **programmazione mediante fattori globali o *CPOF: Capacity Planning Overall Factors*** è la tecnica più semplice e generalmente è di tipo manuale, si basa sui dati dei piani MPS, non utilizza le informazioni presenti nella distinta base e non tiene conto dei *lead time*.

La programmazione avviene secondo fattori derivati da dati normalizzati e dati storici relativi ai prodotti finali, i quali vengono applicati ai dati forniti dalla pianificazione MPS per la stima del lavoro complessivo e della necessaria capacità oraria delle macchine. Si ottiene un'equa distribuzione della capacità ai centri di lavoro e i piani ottenuti sono relativi a periodi settimanali o mensili che vanno revisionati ad ogni variazione del piano MPS.

Il **metodo della distinta di capacità** permette di programmare la capacità attraverso l'utilizzo di informazioni più dettagliate, si basa su dati derivanti dai piani MPS e necessita della distinta base con i dati di ciclo, del tempo necessario alla realizzazione di ciascuna operazione, del tempo necessario per le operazioni di attrezzaggio in ciascun centro di lavorazione e della dimensione del lotto di produzione relativa a ciascun componente/prodotto; non tiene conto però dei *lead time*.

Viene definita una tabella, chiamata **distinta di capacità**, attraverso la quale viene assegnata la capacità ai vari centri di lavorazione. La distinta di capacità è costituita da:

- Tante colonne quanti sono i centri di lavorazione da caricare
- Tante righe quante sono le tipologie di prodotti da assegnare ai centri di lavorazione

Ciascun elemento $d_{i,j}$ della tabella indica la capacità del prodotto i -esimo da assegnare al centro di lavorazione j -esimo tenendo conto sia del tempo di lavorazione che di quello di *setup*.

Il **metodo dei profili delle risorse** è un metodo di programmazione della capacità più sofisticato dei precedenti. L'assegnazione della capacità ai singoli centri di lavorazione avviene tenendo conto anche dei *lead time*. Viene definita una tabella, chiamata **profili delle risorse**, attraverso la quale viene assegnata la capacità ai vari centri di lavorazione. La tabella

riporta, per ciascun prodotto, la capacità da assegnare, nei diversi periodi (tenendo conto dei *lead time*), ai centri di lavorazione.

La **pianificazione dei fabbisogni di capacità o CRP: *Capacity Requirement Planning*** è un metodo che viene usato in combinazione con la tecnica di pianificazione MRP, permette di calcolare la capacità richiesta per produrre le quantità relative agli ordini pianificati e agli arrivi programmati.

Attraverso le informazioni presenti nel piano MRP considera le dimensioni del lotto, i *lead time* e la capacità già immagazzinata. In più considera anche la capacità per la richiesta di parti di ricambio (non incluso nel piano MRP) e di ogni altra capacità richiesta per far fronte a scarti, errori o eventuali mancanti.

I benefici sono ottenuti a scapito di un aumento della dimensione della base dati e dello sforzo di calcolo.

In conclusione, pianificazione e gestione dei fabbisogni di capacità sono facce della stessa medaglia, è necessario che l'esecuzione dei piani avvenga in modo efficace affinché ci sia corrispondenza tra la capacità pianificata e la capacità realmente utilizzata.

Per verificare che ciò accada si può effettuare il monitoraggio della capacità attraverso il controllo *input/output*, il quale provvede a monitorare il lavoro svolto in ciascun centro di lavorazione e confrontare gli *input* e gli *output* pianificati con quelli effettivi

Questo tipo di monitoraggio risulta necessario per poter verificare la correttezza delle scelte e che il livello di capacità sia sufficiente durante l'intero processo produttivo.

Bisogna considerare due tipi di *input*: gli *input* programmati, i quali sono definiti attraverso le tecniche di programmazione della capacità e gli *input* effettivi, i quali sono calcolati con

gli stessi dati degli *input* programmati ma considerando gli arrivi effettivi e le informazioni fornite dal sistema di controllo di reparto.

Analogamente dobbiamo considerare per gli *output*, si hanno *output* programmati, i quali derivano da decisioni manageriali sul livello di capacità e sono le uniche informazioni che non si basano sui dati di ciclo poiché le ore di lavoro spese sulle macchine sono pianificate dalla direzione; e gli *output* effettivi che corrispondono ai dati relativi al completamento di ogni attività in ciascun periodo e sono dati forniti dal reparto.

Il monitoraggio *input/output* consente anche il controllo dell'accumulo degli ordini arretrati chiamati *backlog* o *back order*. La presenza dei *backlog* necessita lo spostamento degli ordini pianificati che saranno evasi in altri periodi.

I *backlog* sono valutati in base alla differenza tra *input/output* pianificati ed effettivi, rappresentano quindi una misura della deviazione totale o netta dell'*input/output*.

In conclusione, il monitoraggio della capacità produttiva consistente nel valutare parametri effettivi delle capacità in ingresso e in uscita di ciascun Centro di Lavoro e i *backlog* effettivi.

2.1.3. Controllo delle attività produttive o *PAC: Production Activity Control*

Il controllo delle attività produttive o *PAC: Production Activity Control* viene indicato anche come programmazione esecutiva o pianificazione delle attività produttive. È un'attività a breve termine finalizzata alla realizzazione di piani molto dettagliati in quanto traduce gli ordini di produzione definiti dalle attività di programmazione operativa in ordini di reparto e/o esterni.

Comprende l'espletamento di attività interne al reparto, quali il rilascio dell'ordine e la pianificazione e il controllo della produzione e attività esterne al reparto, quali l'approvvigionamento e la pianificazione e il controllo dei fornitori.

L'ordine operativo o ordine di reparto costituisce l'elemento fondamentale del sistema di controllo poiché permette l'allocazione delle risorse fisiche utilizzando i flussi di informazioni e di materiali. Le risorse fisiche da allocare nel reparto sono la *manodopera*, personale del reparto da dedicare all'esecuzione dell'ordine, l' *utensileria*, macchine e attrezzature speciali usate durante il setup e il funzionamento, la *capacità*, ammontare complessivo di capacità produttiva offerta dalle apparecchiature disponibili e i *materiali*, scorta di materiali e componenti usati per completare l'ordine di reparto.

Le principali attività nel controllo di reparto sono:

- Rilascio dell'ordine al reparto
- Assegnazione dettagliata
- Raccolta e monitoraggio dati
- Azioni correttive
- Messa a disposizione dell'ordine

Il **rilascio dell'ordine al reparto** corrisponde ad un'attività da svolgere prima della distribuzione dell'ordine al reparto suddivise in quattro fasi:

FASE 1: documentazione dell'ordine mediante aggiunta delle informazioni necessarie al reparto. Come prima cosa avviene l'identificazione dell'ordine attraverso l'assegnazione di un codice all'ordine per seguirlo nel reparto, poi si ha la preparazione del lavoro attraverso la descrizione dell'ordine in termini di operazioni che deve subire, vengono definite anche le risorse richieste e le informazioni fondamentali per l'assegnazione dettagliata, monitoraggio e gestione della capacità, il fabbisogno di materiali in termini di materia prima e materiali necessari, gli utensili necessari e stadio di utilizzo e altre informazioni riguardanti i tempi di completamento delle operazioni.

FASE 2: controllo dello stato del magazzino relativamente a materiali, componenti e sotto assemblati richiesti dall'ordine di reparto.

FASE 3: controllo della disponibilità di capacità. In questa fase la capacità necessaria per l'esecuzione dell'ordine viene confrontata con quella disponibile. Se la capacità disponibile è sufficiente si può procedere all'assegnazione dell'ordine, se invece è insufficiente si può ritardare l'approvazione dell'ordine fino a quando la capacità necessaria non si renderà disponibile.

FASE 4: livellamento del carico. In questa fase si livella il carico di lavoro nel reparto, nel caso in cui gli ordini provenienti dal sistema di programmazione operativa non sono approvati immediatamente a causa della mancanza di capacità vengono ritardati per un breve intervallo.

L'**assegnazione dettagliata** è un'attività che consiste nell'allocazione delle risorse in relazione alla domanda. Le decisioni variano in base al tipo di risorse da allocare, all'ammontare delle risorse, al tempo di assegnazione della risorsa, al piazzamento delle risorse e alla priorità di lavorazione. Le principali attività eseguite durante l'assegnazione dettagliata sono il caricamento e sequenziamento, la manutenzione programmata e altre assegnazioni.

Durante la **raccolta e monitoraggio dati** le informazioni raccolte nel reparto permettono di seguire il flusso fisico, in quanto le informazioni raccolte riguardano la posizione dell'ordine del reparto, lo stato di completamento dell'ordine, le risorse effettivamente usate nelle operazioni correnti e in quelle precedenti e ritardi non preventivati.

L'avanzamento dell'ordine viene monitorato attraverso lo stato di completamento, i costi correlati all'ordine, gli scarti e la vicinanza alla data di scadenza. Qualora l'avanzamento

dell'ordine si discosti da quanto programmato di un limite prefissato vi è la necessità di mettere in atto un'azione correttiva. Le **azioni correttive** per il completamento dell'ordine possono essere: variazione del ritmo di lavoro, ricorso a straordinari/part-time, uso di scorte di sicurezza, frazionamento dei lotti, contratti esterni.

La **messa a disposizione dell'ordine** è un'attività fatta per trasferire la responsabilità degli ordini al di fuori del sistema di controllo di reparto, viene svolta su ordini che si trovano allo stato di completamento o di scarto.

Un fattore da considerare per poter pianificare la capacità in modo ottimale è il *Lead Time* che caratterizza gli ordini di reparto, il L_T tipico costituito da cinque tempi elementari:

- tempo di movimentazione (T_m)
- tempo speso in code (T_c)
- tempo di setup (T_{su})
- tempo di processo (T_p)
- tempo perso nell'attesa e nel passaggio da un centro all'altro (T_{am})

Una volta considerati tutti i parametri citati si può effettuare il caricamento dei centri di lavorazione, ovvero l'attività di assegnazione dei lavori o *job*. Risulta difficoltoso quando lo stesso ordine può essere assegnato a diversi centri, in questo caso è necessario identificare il Centro di Lavoro che si presta meglio all'ordine da assegnare. Il caricamento avviene attraverso due modalità: a **capacità infinita**, l'assegnazione dei lavori avviene senza considerare i limiti di capacità dei centri di lavorazione, o a **capacità finita**, l'assegnazione è effettuata senza mai eccedere i limiti di capacità dei centri di lavorazione. In quest'ultimo caso il caricamento e il sequenziamento sono realizzati simultaneamente e i problemi legati a questa modalità di caricamento sono il sovraccarico e il sotto carico dei CL. Il problema

legato al sovraccarico dei centri di lavorazione viene affrontato indirizzando i lavori verso altri CL con disponibilità di capacità produttiva, ricorrendo al lavoro straordinario o a fornitori esterni e rivedendo la pianificazione degli ordini con minore priorità. Invece il problema legato al sotto carico dei centri di lavorazione affrontato acquisendo maggiori quantità di ordini, pianificando ordini futuri in anticipo, riducendo il livello di risorse disponibili.

Quando più CL, oltre ad essere disponibili, sono in grado di realizzare le stesse operazioni vi è la necessità di una metodologia per l'assegnazione dei *job*. La scelta effettuata sulla base di aspetti quali la minimizzazione dei costi, la minimizzazione dei tempi e la abilità dell'operatore richiesta.

Il caricamento è effettuato attraverso i seguenti metodi:

- carte di caricamento
- metodo degli indici di convenienza
- metodo basati sulla programmazione lineare
- metodo ungherese

Con il **metodo delle carte di caricamento**, il caricamento viene eseguito usando opportuni diagrammi, chiamati diagramma di Gantt, in cui viene organizzato l'uso effettivo o desiderato delle risorse in un certo orizzonte temporale. Fornisce indicazioni sugli ordini in esecuzione secondo programma, in anticipo o in ritardo, è usato quindi anche per monitorare l'avanzamento degli ordini.

Le limitazioni che presenta sono la necessità di aggiornare le carte per rappresentare la situazione attuale, la possibilità che il tempo di processo assuma valori diversi nei vari CL disponibili e non sono d'aiuto nella scelta del CL più vantaggioso nel caso in cui ci siano più

CL disponibili simultaneamente, è una decisione che va presa a discrezione dello schedulatore.

Il **metodo degli indici di convenienza** fornisce una soluzione rapida e poco costosa, sebbene non ottimale, per realizzare il caricamento. Il *job* viene assegnato al CL che impiega il minor tempo per la realizzazione, se ciò non è possibile a causa delle limitazioni di capacità si sceglie il CL con caratteristiche immediatamente inferiori in termini di convenienza, continuando si realizza l'assegnazione sistematica dei lavori ai CL.

Per valutare il CL in cui risulta più vantaggioso eseguire il job bisogna calcolare degli indici di convenienza, per ogni job in ogni centro di lavoro. La Procedura per il calcolo degli indici di convenienza di un generico lavoro consiste nell'individuare il centro di lavorazione caratterizzato dal T_p (tempo di processamento) più basso (T_{pmin}), calcolare gli indici di convenienza relativi a tutti i CL dividendo i T_p per il valore più piccolo e si ottengono diversi indici, pari al n° di CL disponibili, con valori ≥ 1 . Il CL più conveniente per realizzare il lavoro è quello caratterizzato dall'indice più basso, il lavoro assegnato al centro con il minore T_p . Se il CL è sovraccarico l'ordine viene spostato al CL alternativo con indice immediatamente più alto e capacità disponibile. La procedura viene ripetuta fino all'assegnazione di tutti gli ordini.

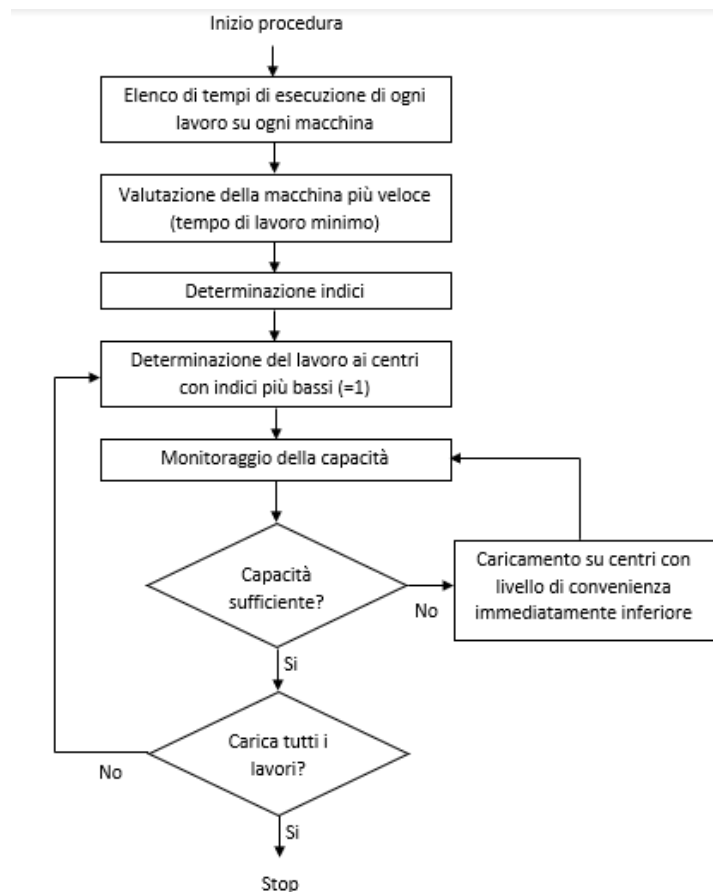


Figura 12 - Schema a blocchi del processo di caricamento dei lavori ai centri di lavorazione

I **metodi di assegnazione basati sulla programmazione lineare** hanno come obiettivo quello di ottenere l'accoppiamento ottimale tra lavori e risorse. I criteri tipicamente utilizzati sono basati sul costo, sulle prestazioni, sul tempo, sull'efficienza.

Il **metodo ungherese** consiste nell'abbinare ciascun lavoro a una sola macchina, avviene l'accoppiamento lavoro-macchina uno a uno attraverso la costruzione della matrice dei costi. Si assume che ogni macchina sia capace di eseguire tutti i lavori e che i costi associati ad ogni assegnazione siano noti e fissati.

Una volta assegnati i vari *jobs* ai centri di lavoro bisogna decidere la sequenza e le precedenze dei lavori assegnati a uno stesso centro di lavorazione, in una fase chiamata **sequenziamento**. Le precedenze possono essere cambiate in funzione dell'urgenza dei lavori e nel caso in cui i CL sono poco caricati e i job richiedono lo stesso T_p il sequenziamento avviene senza particolari difficoltà, nel caso in cui, invece i CL sono molto caricati e ci sono lavori con T_p elevati il sequenziamento risulta molto importante. La complessità del sequenziamento risulta tanto più grande quanto maggiore è il n° dei *job* e dei CL.

Metodi di sequenziamento più usati:

- carte e diagrammi di sequenziamento: permettono un buon controllo dei lavori assegnati, ma non aiutano nella determinazione della migliore sequenza e non sono utilizzabili con un numero elevato di centri di lavoro
- regole di priorità: forniscono linee guida semplificate utili per la determinazione della sequenza, quelle più comuni sono:
 - First Come First Served (FCFS): l'esecuzione dei *jobs* avviene in base all'arrivo nel CL
 - Shortest Processing Time (SPT): l'esecuzione dei *jobs* avviene in base ai tempi di processo
 - Earliest Due Date (EDD): l'esecuzione dei *jobs* avviene in base alle date di consegna
 - Critical Ratio (CR): l'esecuzione dei *jobs* avviene in base al rapporto tra il tempo di consegna e il tempo di processo
 - Slack per Operation (S/O): l'esecuzione dei *jobs* avviene in base al minore rapporto in cui al numeratore si trova la differenza tra il tempo alla consegna

e il tempo di processo residuo di ogni job e al denominatore il numero di operazioni che restano da eseguire inclusa quella corrente

- Rush (R): l'esecuzione dei *jobs* avviene in base alla preferenza del cliente
 - metodi di ottimizzazione
 - metodi di simulazione

La scelta della regola da adottare è legata al servizio clienti, all'urgenza, alla capacità dell'impianto, non esiste pertanto una regola valida per tutte le situazioni.

2.2. Miglioramento dei processi

Uno dei tre elementi che costituiscono l'Electrolux Manufacturing System è il principio del miglioramento dei processi, che a sua volta è composto da una serie di strumenti che permettono di attuare il miglioramento.

L'obiettivo di questo elemento è quello di mettere costantemente in discussione il modo in cui si lavora per raggiungere l'eccellenza a livello di prestazioni operative.

L'elemento di 'Miglioramento dei Processi' è costituito da quattro categorie: Processo di produzione, Processo di movimentazione dei materiali, Mappatura diagnostica e Qualità.

L'elemento su cui porremo maggiormente attenzione in questa trattazione è quello del processo di produzione, i cui strumenti sono stati utilizzati per migliorare la pianificazione della produzione.

Gli strumenti forniti dall'EMS che permettono di ottenere un miglioramento dei processi produttivi sono: livellamento di linea, SMED e la Manutenzione Produttiva

2.2.1. Livellamento di linea

Il 'Livellamento di Linea' è una tecnica di miglioramento dei processi di produzione utilizzata per distribuire i vari *jobs* tra i diversi operatori, allineando i tempi di ciclo alla velocità della domanda del cliente.

L'obiettivo del Livellamento di Linea è quello di organizzare le attività produttive in modo da raggiungere sia i requisiti di consegna al cliente che gli obiettivi di efficienza interni.

I benefici sono:

- Il raggiungimento dei requisiti di consegna dei clienti
- L'aumento della produttività lavorativa
- Una diminuzione della sovrapproduzione
- L'ottimizzazione del processo di assemblaggio
- Una distribuzione equa del lavoro per tutte le persone

2.2.2. SMED

Lo SMED (Single Minute Exchange of Dies) è una tecnica di miglioramento dei processi di produzione utilizzata per ridurre il tempo necessario di modifica di una macchina o di un processo affinché possa avvenire la produzione di un modello diverso dal precedente.

L'obiettivo dello SMED è quello di diminuire i tempi di attrezzaggio (*set-up*), in modo che i processi si concentrino sulle attività a valore aggiunto e siano abbastanza flessibili da rispondere rapidamente alle richieste del mercato. Il raggiungimento del tempo si ottiene attraverso l'utilizzo di un grafico denominato 'monitor del set-up'.

I benefici sono:

- Il miglioramento della capacità produttiva di processo
- L'ottenimento di una risposta più rapida ai cambiamenti delle richieste del mercato

- La presenza di meno scorte
- L'utilizzo dell'impianto per attività a valore aggiunto

2.2.3. Manutenzione Produttiva

La manutenzione produttiva è una modalità operativa di miglioramento dei processi di produzione utilizzata per aumentare l'affidabilità, la disponibilità e l'efficienza degli impianti con una partecipazione attiva dei membri del team, in quanto permette di raggiungere livelli stabili di capacità per i processi di produzione. Ciò significa che risulta possibile prevedere con un buon livello di affidabilità quando gli impianti saranno disponibili per la produzione e, di conseguenza, risulterà più semplice soddisfare i requisiti di consegna al cliente e di efficienza interna. Sarà inoltre possibile eliminare le scorte presenti nel processo, create per compensare l'inaffidabilità degli impianti. La manutenzione produttiva è suddivisa in tre aree: Manutenzione Autonoma, Manutenzione Pianificata e Miglioramento Focalizzato, le quali lavorano insieme per massimizzare.

I benefici sono:

- L'ottenimento di una capacità produttiva stabile
- Il raggiungimento dei requisiti di consegna dei clienti
- La riduzione dei costi di manutenzione
- La riduzione delle scorte
- L'aumento delle competenze degli operatori

2.3. La pianificazione della produzione: il caso ITB Cerreto Plant

Il caso di studio dello stabilimento Electrolux di Cerreto d'Esì ha trattato principalmente le modalità di pianificazione della produzione. Nello stabilimento citato vengono prodotte cappe da cucina di uso domestico di alto di gamma e possono essere classificate nelle seguenti tipologie:

- T-STYLE
- VERTICALE
- A SOFFITTO
- ISOLA
- LAMPADARIO
- DOWN-DRAFT
- A INCASSO

Da un punto di vista tecnico la produzione nello stabilimento Electrolux di Cerreto D'Esì può essere classificata secondo le modalità di vendita, secondo le modalità di realizzazione del prodotto e secondo i volumi di produzione, questa modalità di classificazione è chiamata classificazione a tre asse, in quanto ogni punto di vista di classificazione corrisponde ad un asse.

Considerando la classificazione citata, secondo le modalità di vendita, si ha una produzione a magazzino in quanto la realizzazione dei prodotti è basata su previsioni di mercato. Analizzando le modalità di realizzazione del prodotto, la produzione avviene per parti, in quanto il prodotto è composto da un numero finito di componenti discrete (parti). Il processo produttivo è costituito tipicamente da due fasi:

- la **fabbricazione** che è l'insieme delle operazioni che modificano forma, dimensioni, proprietà e/o stato superficiale di singole parti
- l'**assemblaggio** che corrisponde all'insieme delle operazioni di montaggio di singole parti per formare un assieme (sotto assemblato o prodotto finito)

Nel caso analizzato il processo di produzione può essere schematizzato nel seguente modo:

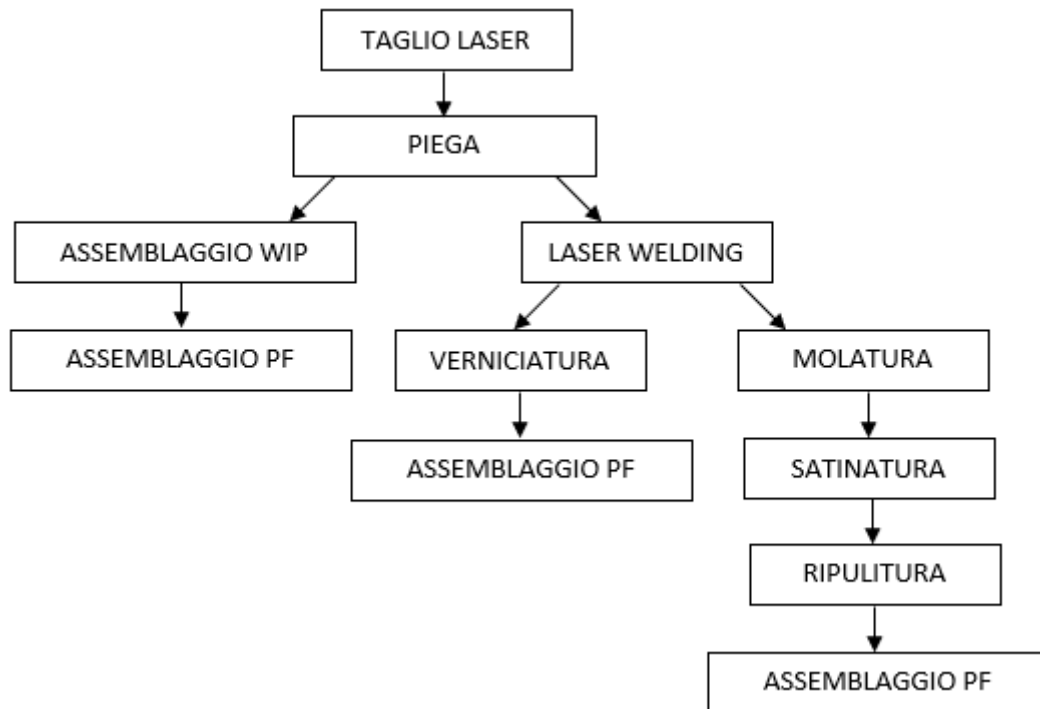


Figura 13 - Schema delle lavorazioni

Le fasi di fabbricazione sono:

- Taglio laser: avviene il taglio di lamiere di acciaio o ferro attraverso macchine specifiche
- Piega: una volta che le lastre sono state tagliate, avviene la piega manuale dei semilavorati
- Laser Welding: è un'attività di saldatura laser che può essere di tipo manuale o automatica

- Verniciatura: il semilavorato in ferro viene verniciato, è un'attività che viene svolta in conto lavoro
- Molatura: lavorazione che permette di spianare o lucidare il materiale
- Satinatura: lavorazione che permette di opacizzare il materiale
- Ripulitura: lavorazione che permette di ripulire il materiale

Le fasi di assemblaggio sono:

- Assemblaggio di semilavorati (WIP): insieme di operazioni che permettono di effettuare un preassemblato
- Assemblaggio di prodotti finiti (PF): insieme di operazioni che permettono di unire i componenti del prodotto finito

Tutte le operazioni vengono svolte internamente tranne l'attività di verniciatura che viene svolta da un fornitore esterno. Le attività di taglio laser e di piega vengono svolte per tutti i tipi di prodotti e il processo di produzione poi varia in base alla tipologia di prodotto.

La produzione è di tipo *cellulare*, in quanto avviene la realizzazione simultanea di prodotti diversi appartenenti alla stessa famiglia. Le famiglie di prodotti sono:

- Beta Glam
- Cirrus
- Cleon
- Clip
- Cube
- Down Draft
- Dune
- Eclipse

- Face Glam
- Gemini
- GE
- Isola
- K
- Outline
- Phantom
- Pro Wall
- Sky
- Surf
- ZV

Su un totale di circa 200 prodotti finiti differenti.

L'attività di analisi svolta è stata focalizzata nella programmazione e gestione della produzione, in quanto è una fase di fondamentale importanza affinché si attui una gestione ottimale delle risorse necessarie per realizzare il prodotto nel rispetto della quantità stabilita, del costo stabilito e dei tempi di consegna. Con maggior dettaglio è stata analizzata la pianificazione operativa e la pianificazione dettagliata ed esecutiva.

L'analisi si è concentrata sull'output dei piani *MRP*, informazioni fornite dal software gestionale in funzione dei piani *MPS*, in base al livello corrente del magazzino e in base la distinta dei materiali.

Per ciascun prodotto finito richiesto dal piano *MPS* vengono proposti degli ordini di produzione che contengono informazioni riguardanti le quantità di ciascun componente o sottoinsieme da ordinare o da produrre in ogni intervallo di tempo assegnato, in relazione al

tempo di produzione e al *lead time* degli ordini per ogni componente. In relazione a quanto appena esposto, è stata analizzata in particolar modo la pianificazione dettagliata ed esecutiva, definita anche **controllo della produzione**, le attività di controllo sulle quali è stata posta maggiormente l'attenzione sono il controllo di reparto e il controllo delle scorte. Il **controllo di reparto** o pianificazione della capacità comprende l'attività di bilanciamento della capacità produttiva necessaria con la capacità produttiva disponibile, è composto dalle fasi di **assegnazione** dei lavori ai centri di lavorazione e **sequenziamento** dei lavori in ciascun centro di lavorazione; attraverso l'**analisi input/output** consente di monitorare gli impieghi effettivi di capacità durante l'esecuzione delle lavorazioni a livello di reparto.

Il controllo della capacità produttiva viene svolto nei vari centri di lavoro, che possono essere suddivisi in: lavorazioni meccaniche, assemblaggio di semilavorati e assemblaggio di prodotti finiti. Per il taglio laser si hanno tre centri di lavoro ognuno con una capacità potenziale di 24 ore/giorno, per i processi di piega si hanno nove centri di lavoro con una capacità potenziale di 14 ore/giorno per centro di lavoro, i processi di molatura, satinatura e ripulitura sono svolti in dieci centri di lavoro con una capacità potenziale di 14 ore/giorno per centro di lavoro, la saldatura laser viene eseguita in un solo centro di lavoro con capacità potenziale di 14 ore/giorno. L'assemblaggio di semilavorati viene eseguito in tre centri di lavoro con capacità potenziale di 14 ore/giorno l'uno e l'assemblaggio di prodotti finiti viene eseguito in cinque centri di lavoro con una capacità potenziale di 14 ore/giorno per centro di lavoro.

L'analisi dei centri di lavoro è stata svolta con l'obiettivo di bilanciare le capacità potenziali con le capacità necessarie per le lavorazioni, analizzare che gli output effettivi corrispondessero con quelli pianificati e saturare i centri di lavoro. Tutto ciò avviene analizzando la presenza dei materiali necessari attraverso il **controllo delle scorte**, attività

che si sovrappone al controllo di reparto e ha lo scopo di bilanciare il livello di magazzino e garantisce la disponibilità delle materie da lavorare quando sono necessarie.

Per controllare che la produzione avvenga in modo ottimale e rispettando quanto pianificato vengono utilizzati strumenti di controllo chiamati Key Performance Indicators (KPI).

2.3.1. KPI per il controllo della produzione

DSA: Delivery Schedule Achievement

Indica la coerenza tra quanto viene prodotto e il piano di pianificazione congelato.

$$DSA = \left(\frac{\text{numero di unità pianificate} - \text{numero di unità incorrette}}{\text{numero di unità pianificate}} \right) * 100$$

Il numero di unità pianificate può essere modificato entro 7 giorni prima della data di pianificazione, in quanto 7 giorni prima vengono “congelate”.

Il numero di unità incorrette comprende le unità che non sono state prodotte in tempo rispetto a quanto stabilito, oppure sono state prodotte nella quantità errata o che non rispettano il piano congelato, ovvero sono prodotti differenti.

BO: Back Orders

Corrisponde a un ordine che non è stato spedito dal magazzino a causa dell'indisponibilità del prodotto al momento della spedizione. Sia le "Unità spedite" che le "Unità arretrate" comprendono unità prodotte internamente e unità provenienza da fornitori.

$$BO = \left(\frac{\text{n° di unità in arretrato}}{\text{n° di unità spedite} + \text{n° di unità in arretrato}} \right) * 100$$

UFR: Unit Fill Rate

L'UFR misura in percentuale le quantità consegnate in tempo rispetto al totale di quantità richieste dal cliente. La data di emissione della merce richiesta deve tenere conto dei tempi di consegna della logistica e degli orari di percorrenza.

$$UFR = \left(\frac{\textit{n° di unità consegnate in tempo}}{\textit{n° di unità totali richieste dal cliente}} \right) * 100$$

LP: Labour Productivity

La Labour Productivity misura il rapporto tra il numero totale di prodotti finiti realizzati e le ore relative a operatori diretti e indiretti utilizzate per farli.

$$LP = \frac{\textit{numero totale di prodotti finiti realizzati}}{\textit{numero totale di ore dirette e indirette}}$$

Il numero totale di prodotti finiti realizzati corrisponde alle unità effettive di prodotti finiti disponibili per la spedizione, nel periodo di tempo considerato.

Il numero di ore totale di ore dirette e indirette comprende gli straordinari e i momenti di inattività, corrisponde al numero di ore totali dirette e indirette retribuite.

DFP: Disruption Free Performance

È un KPI che indica l'efficienza del processo produttivo, confrontando le prestazioni effettive dell'impianto con quelle che idealmente potrebbe avere. Lo scopo è quello di tracciare le deviazioni dalla condizione ideale e migliorare continuamente al fine di raggiungere una situazione più vicina possibile a quella ideale.

$$DFP = \left(\frac{\textit{quantità totale di prodotti finiti realizzati}}{\textit{quantità totale di prodotti finiti pianificati}} \right) * 100$$

La quantità totale di prodotti finiti realizzati corrisponde al numero totale di prodotti finiti pronti per la spedizione nel periodo di tempo considerato.

La quantità totale di prodotti finiti pianificati corrisponde alla quantità che dovrebbe essere prodotta nello stesso periodo di tempo, in accordo con la pianificazione effettuata, considerando la capacità delle linee di assemblaggio in relazione al mix produttivo.

O.E.E. Overall Equipment Effectiveness

L'OEE permette di misurare l'efficacia totale di un impianto, in termini di tempi attivi e inattivi della produzione, permette di determinare l'impatto di fattori quali i cambi, gli allestimenti, i ritardi, le rotture, le perdite di velocità, i tempi di ciclo e la lunghezza dei cicli. È un indice che riassume in sé i concetti di disponibilità, performance e qualità.

OEE = Disponibilità * Prestazione * Qualità

La **disponibilità** confronta il tempo effettivo in cui avviene la produzione e il tempo pianificato per quella produzione.

$$\text{Disponibilità} = \left(\frac{\text{tempo totale disponibile} - \text{fermate pianificate} - \text{fermate non pianificate}}{\text{tempo totale disponibile} - \text{fermate pianificate}} \right) * 100$$

La **prestazione** confronta il tempo teorico che dovrebbe essere impiegato nel processo per produrre la quantità stabilita con il tempo effettivamente impiegato per la produzione.

$$\text{Prestazione} = \left(\frac{\text{tempo ciclo ideale} * \text{quantità prodotta}}{\text{tempo di produzione effettivo}} \right)$$

La **qualità** confronta il numero di pezzi corretti prodotti al primo tentativo con la quantità totale di pezzi lavorati.

$$\text{Qualità} = \left(\frac{\text{n° totale di pezzi prodotti} - \text{n° totale di pezzi difettosi}}{\text{n° totale di pezzi prodotti}} \right)$$

STOCK OUT

Lo stock out è un KPI che tiene traccia di quando si esauriscono le scorte per uno o più articoli, l'analisi viene effettuata per i materiali presenti in magazzino necessari per la

produzione. L'obiettivo è quello di ridurre al minimo in rischio di stock out di materiali in quanto porta all'impossibilità di produrre e di conseguenza al mancato guadagno.

L'analisi dei mancanti è quindi uno step fondamentale per la pianificazione della produzione, in quanto, il **mancante di produzione** è uno dei temi critici e ad altissimo impatto su servizio ed efficienza. Risulta necessario dotarsi di una procedura aziendale che permetta di individuare, tracciare e gestire il materiale mancante per la produzione in termini di sollecito e di priorità. Per questo motivo l'analisi dell'impianto Electrolux di Cerreto D'Esis è focalizzata anche sulla gestione del magazzino, come strumento fondamentale per una corretta pianificazione della produzione.

Capitolo terzo

ANALISI DEI MAGAZZINI DEL SITO ITB CERRETO PLANT

3.1. Warehouse Management

Il *Warehouse Management* è una componente fondamentale nella gestione strategica di un'impresa, in un mercato sempre più dinamico e competitivo in cui la gamma di articoli caratterizza il posizionamento dell'azienda nel mercato l'ottimizzazione del magazzino è un elemento decisivo per rendere un'impresa concorrenziale.

Il magazzino costituisce un punto di raccolta vitale al centro della catena di approvvigionamento e, perciò è di fondamentale importanza organizzare al meglio tutti gli aspetti che ne fanno parte. Il magazzino è un luogo fisico adibito allo stoccaggio di merci e materiali, in cui vengono depositati e organizzati prodotti al fine di facilitarne la locazione in base al consumo e alla quantità presente di ciascun articolo.

La gestione del magazzino comprende l'organizzazione delle principali attività che costituiscono i processi coinvolti per far funzionare un magazzino. Le operazioni di un magazzino includono *il ricevimento merci, l'organizzazione dello spazio di magazzino, la pianificazione del lavoro, la gestione delle scorte e dell'inventario, l'evasione degli ordini.*

Una gestione efficace del magazzino implica l'ottimizzazione e l'integrazione di tutti questi processi al fine di aumentare la produttività aziendale e mantenere bassi i costi. Le attività di gestione del magazzino possono essere divise in:

- Gestione dell'inventario
- Gestione delle scorte
- Logistica di magazzino

Una fase importante nell'organizzazione del magazzino è definire lo **stoccaggio delle merci**, è un'attività che consente nel decidere le aree fisiche più adatte per stoccare i materiali e i prodotti finiti, per poter ottimizzare le varie operazioni. Esistono diversi indici per la valutazione migliore dei flussi di magazzino.

È necessario attuare processi di miglioramento continuo per rispondere ad esigenze sempre più elevate, bisogna quindi sviluppare un magazzino minimizzando le criticità organizzative e gestionali che riducono il livello di servizio fornito. Le problematiche riguardanti la gestione di un magazzino che hanno effetti sull'efficienza sono:

- Posizionamento del materiale errato
- Accumuli di materiali in aree non adeguate
- La limitata rintracciabilità dei prodotti
- Un sistema logistico non coerente con il servizio richiesto dal mercato
- La non standardizzazione delle procedure
- La mancanza di dati utili per il controllo

Per minimizzare queste problematiche è necessario seguire un processo di sviluppo del magazzino ottimale, che può essere suddiviso in quattro fasi:

- definizione della strategia di sviluppo del sistema logistico, sulla base degli obiettivi posti;
- progettazione strutturale ed organizzativa del sistema logistico, sulla base della strategia di sviluppo definita;
- gestione operativa "*day by day*" del sistema logistico implementato;
- impostazione del processo continuo di miglioramento del sistema logistico

Nello svolgimento di ogni singola fase è necessario sempre tenere in considerazione **gli elementi organizzativi fondamentali per l'ottimizzazione della logistica di magazzino:**

- gestire razionalmente i materiali, implementando criteri di stoccaggio basati sulla rotazione logistica e sulla coerenza tra sistemi di stoccaggio e articoli/servizi gestiti, mantenendo ordine e pulizia
- garantire la tracciabilità delle informazioni necessarie alla gestione logistica, come per esempio la mappa di magazzino, le caratteristiche degli articoli come il codice, il lotto, la data di scadenza etc.
- definire le specifiche del livello di servizio richiesto e mantenere coerente il sistema logistico agli obiettivi di servizio prefissati
- gestire gli accumuli, sincronizzando i flussi, gestendo i colli di bottiglia e programmando le attività
- introdurre metodi di lavoro formalizzati, standardizzando le attività e individuando le best practice che garantiscono il giusto equilibrio tra servizio, costo e sicurezza
- gestire e controllare i processi con il supporto dei dati, implementando sistemi di KPI organizzati in cruscotti logistici
- gestire accuratamente le giacenze, agendo sull'affidabilità dei flussi informativi, sull'attività operativa di inventario e sulle cause degli scostamenti

In sintesi, si vuole ottenere una **logistica di magazzino** sviluppata avendo come punti di riferimento gli elementi organizzativi fondamentali potrà raggiungere **prestazioni ottimali** in linea con le esigenze del cliente e dell'azienda.

3.2. Gestione delle scorte

Le scorte vengono chiamate anche giacenze o stock, sono definite come un qualsiasi prodotto o materiale posseduto dall'azienda per una futura vendita o utilizzo, possono essere materiali di consumo, materie prime, semilavorati, WIP, prodotti finiti.

La gestione delle scorte è spesso associata all'attività di riduzione delle stesse, in quanto ad esse è collegato un costo di mantenimento dato da costi legati allo stoccaggio, alle movimentazioni, alle tasse e al deterioramento.

Le scorte però, oltre ai costi, possiedono valore; perciò, l'obiettivo non è eliminarle ma azzerare quelle non necessarie, ovvero quelle non redditizie.

I miglioramenti ottenuti dal mantenimento a scorta consentono di aumentare l'efficienza di funzionamento del sistema di produzione, spalmando i costi fissi, disaccoppiando la produzione grazie alla presenza di scorte nei vari step produttivi, armonizzando e stabilizzando la produzione mantenendo i livelli di produzione costanti sebbene la domanda sia variabile.

In più, in quanto sono presenti delle incertezze nell'approvvigionamento dei materiali si possono presentare possibili ritardi nelle forniture, di conseguenza la presenza di scorte permette di ovviare a tali ritardi consentendo l'esecuzione dei processi.

La funzione delle scorte risulta differente a seconda del tipo di scorta: la presenza di **prodotti finiti** permettono una veloce evasione degli ordini e una risposta alla domanda andamenti ciclici; la presenza di **WIP** permette di svincolare tra di loro i componenti del sistema produttivo ovviando a situazioni di mal funzionamento e consentendo a ciascuno di essi di operare con il proprio ritmo produttivo, la presenza di **materie prime, semilavorati e i**

materiali di consumo consente di ovviare a ritardi nelle consegne degli approvvigionamenti e di ridurre i costi grazie a sconti praticati per acquisti di quantità elevate.

Per la realizzazione degli obiettivi precedenti le scorte vengono classificate in:

- **normali**
- **stagionali**
- **di sicurezza**
- **di *buffer***

Per ottenere una gestione efficace delle scorte si devono usare sistemi di contabilizzazione e di classificazione degli articoli in giacenza al fine di ottenere una corretta stima dei costi di mantenimento a scorta, dei costi di ordinazione e dei costi per mancanza di materiale.

I sistemi di contabilizzazione degli articoli in magazzino possono essere sistemi continui o sistemi periodici, questi apportano variazioni al magazzino per assicurare che gli articoli e i materiali in genere siano sempre disponibili in quantità sufficiente, individuare carenze, eccedenze e movimentazioni di articoli particolarmente lente o veloci e fornire tempestivamente rapporti di carico dei magazzini.

I **sistemi continui** tengono traccia degli articoli rimossi o aggiunti al magazzino su base continuativa, forniscono informazioni sullo stato attuale delle giacenze di ciascun articolo e sull'istante in cui l'ammontare delle scorte raggiunge il valore predeterminato per effettuare l'ordine. Vi è comunque la necessità di eseguire l'inventario delle scorte per verificare l'esattezza delle registrazioni che possono ridurre o accrescere la giacenza effettiva.

I **sistemi periodici** conteggio di articoli presenti in magazzino ad intervalli regolari, che possono essere settimanali o mensili. Le ordinazioni sono effettuate automaticamente ad ogni revisione, vi è comunque la necessità di avere delle scorte di sicurezza come protezione

contro le fluttuazioni della domanda durante il periodo di revisione e il periodo di approvvigionamento (*lead time*).

Poiché il controllo continuo di tutti i materiali risulta molto complesso nel caso in cui si hanno giacenze molto elevate, vi è la necessità di distinguere tra gli articoli che richiedono un controllo del livello di giacenza più attento e quelli che richiedono un controllo del livello di giacenza meno attento. Per farlo è necessaria un'analisi degli articoli presenti, è possibile utilizzare il metodo dell'analisi ABC per classificare le giacenze.

L'analisi ABC permette di individuare l'importanza dei singoli articoli presenti in magazzino allo scopo di controllare le scorte utilizzando in modo efficiente le risorse. È un'analisi statistica basata sul principio di Pareto secondo il quale, in un qualunque insieme, il 20% degli elementi presenti rappresenta l'80% del valore totale. Viene fatta una suddivisione delle scorte in tre classi in base al valore in relazione al volume.

Gli articoli di classe A corrispondono al 20% degli articoli a scorta e rappresentano l'80% del valore del magazzino; richiedono maggiore attenzione attraverso sistemi di contabilizzazione continui.

Gli articoli di classe B corrispondono al 30% degli articoli a scorta e sono articoli di valore intermedio, rappresentano il 15% del valore totale del magazzino; richiedono un livello di attenzione simile ma non così elevato rispetto agli articoli di classe A.

Gli articoli di classe C corrispondono al 50% degli articoli a scorta e sono articoli di basso valore, rappresentano il 5% del valore totale del magazzino; non necessitano di particolari calcoli perché rappresentano un basso investimento in scorte.

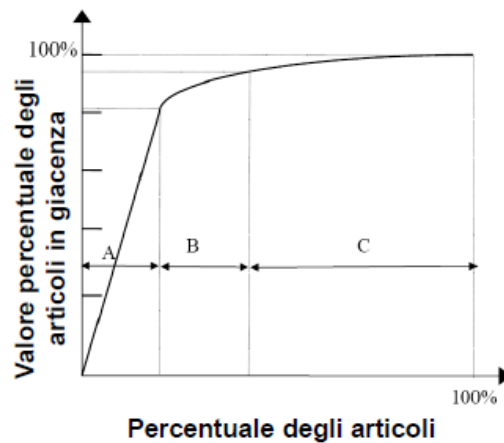


Figura 13 - Classificazione degli articoli in classi A, B, C

Il grado di controllo risulta diverso a seconda della classe a cui appartengono, conoscere quali sono gli articoli dei gruppi A e B consente di focalizzare l'attenzione su un numero ristretto di articoli, tenendo sotto controllo il 95% del valore delle giacenze presenti in magazzino, vi è quindi la possibilità di attuare politiche di approvvigionamento diverse per gli articoli delle tre categorie.

3.3. Gestione del Magazzino: caso ITB Cerreto Plant

In supporto al miglioramento dell'efficienza dei processi di pianificazione della produzione è stato sviluppato un progetto di riorganizzazione dei tre magazzini dello stabilimento Electrolux ITB Cerreto Plant. Attraverso l'ausilio degli strumenti EMS e dell'analisi ABC è stata analizzata l'efficienza dei processi di approvvigionamento in ottica di Lean Manufacturing.

Lo sviluppo del progetto è stato suddiviso in due step fondamentali quali:

- analisi *AS - IS* della situazione del magazzino in ottica di approvvigionamento dei materiali
- ideazione di una situazione *TO - BE* in ottica di miglioramento continuo

Per poter comprendere appieno quali fossero le esigenze dello stabilimento è stato necessario analizzare nel dettaglio il processo produttivo, le classi merceologiche presenti in magazzino, i flussi di approvvigionamento dei materiali, la classificazione in famiglie di prodotti e i lotti con cui arrivano i materiali. Una volta compreso quanto appena detto è stata effettuata l'analisi *AS-IS* che ha compreso attività quali analisi dei materiali presenti fisicamente e non in magazzino, analisi del layout fisico e analisi dei flussi di materiali dal magazzino per l'approvvigionamento della produzione.

La prima attività è stata eseguita per analizzare l'efficienza del magazzino in ottica di occupazione degli spazi, in quanto la presenza di materiali non necessari per la produzione portava l'occupazione di spazi che potevano essere destinati a materiali necessari per la produzione.

L'analisi è stata fatta in base alle classi merceologiche, quali:

- materiali necessari per l'imballo, composti da cartoni necessari per l'imballo esterno ed interno, polistirolo espanso necessario per attutire eventuali urti, e legni necessari per il supporto.
- materiali plastici
- materiali metallici piegati
- materiali metallici tranciati
- materiali metallici stampati
- filtri in carbone e in alluminio
- componenti elettroniche
- vetri
- motori
- tubi

- viti
- nastri
- materiali da verniciare
- materiali verniciati

Sono stati analizzati tutti i materiali appartenenti alle classi merceologiche elencate al fine di ottenere informazioni riguardanti l'effettiva necessità rispetto alla produzione. Sono stati classificati i codici in attivi, i quali avevano impegno per la produzione, e inattivi, i quali non avevano impegno per la produzione. In questo modo è stato possibile dividere fisicamente le due classi di materiali e dare priorità a quelli che avevano impegni per la produzione, in modo da allocare spazi prima a quelli attivi e poi a quelli inattivi.

In più è stata effettuata l'analisi dei materiali rilevanti a produzione, in quanto alcuni materiali non erano destinati direttamente alla produzione ma devono essere inviati a terzi che devono eseguire delle lavorazioni sui materiali prima che questi possono essere utilizzati per la produzione.

L'analisi del layout fisico ha riguardato l'analisi del numero totale di posti pallet presenti fisicamente nei tre magazzini in modo da ottenere un conteggio delle posizioni disponibili.

In questo modo è stato possibile analizzare la capacità potenziale dei magazzini.

Un'altra attività appartenente all'analisi *AS-IS* è stata quella di analizzare i flussi dei materiali dal magazzino ai siti produttivi. In questo modo è stato possibile comprendere le modalità e le tempistiche di approvvigionamento dei materiali in modo da ottimizzarle.

In base all'analisi fatta è stato possibile progettare una situazione di miglioramento degli spazi e dei flussi.

Il nuovo layout del magazzino è stato definito in base:

- all'ottimizzazione del flusso di approvvigionamento

- al raggruppamento di materiali per classi merceologiche e per centri di lavoro in cui vengono utilizzati
- al grado di rilevanza a produzione, lavoro in conto terzi o conto lavoro e ricambi

Il flusso di approvvigionamento è stato ottimizzato attraverso la riorganizzazione delle posizioni dei materiali, in quanto sono stati identificati degli spazi che permettessero di ridurre il tempo necessario per portare i materiali dal magazzino alle aree produttive. Sono stati raggruppati i materiali per classi merceologiche, in modo che le azioni di picking e approvvigionamento fossero eseguite in tempi ridotti.

In aggiunta alle attività precedentemente analizzate, è indispensabile menzionare l'attività di depallettizzazione dei materiali, in quanto la ricezione non prevede l'adozione di un lotto minimo standard. Quest'ultimo aspetto provoca inefficienza in quanto l'operatore è costretto a effettuare un conteggio manuale degli articoli da asservire nei reparti produttivi.

Idee future:

- standardizzazione dei packaging con cui arrivano i materiali, tramite l'adozione del sistema Electrolux BBMS in base al lotto minimo al fine di evitare l'attività di depallettizzazione
- creare dei moduli, attraverso i software gestionali, che generano liste di prelievo in funzione del programma di produzione in modo da facilitare l'organizzazione del lavoro in magazzino
- aggiornamento del portafoglio fornitori tramite lo strumento del time gate in modo che gli operatori di magazzino sia a conoscenza delle tipologie e delle quantità materiali in arrivo
- implementazione di time gate interno con informazioni relative ai picking orari

3.3.1. KPI per il controllo del magazzino

Anche per analizzare l'efficienza del magazzino vengono utilizzati dei KPI, quali:

MHP: Material Handling Productivity

È un Key Performance Indicator che rappresenta il numero di minuti spesi nella movimentazione di materiali necessari per ogni prodotto finito realizzato. Il calcolo avviene nel seguente modo:

$$MHP = \frac{\text{numero totale di ore lavorate dalle risorse di material handling} * 60}{\text{numero di prodotti realizzati}}$$

IRA: Inventory Record Accuracy

È un Key Performance Indicator che misura la corrispondenza tra le informazioni riguardanti i materiali presenti nei sistemi gestionali e ciò che viene rilevato fisicamente, le informazioni riguardano la quantità e la posizione.

Consente inoltre di:

- Ridurre le scorte,
- Ridurre gli sprechi nel processo di picking e approvvigionamento
- Rendere efficiente l'uso di sistemi MRP (Material Requirement Planning)

$$IRA = \left(\frac{\text{n° totale di materiali che risultano corretti sia in quantità che in posizione}}{\text{n° totale di materiali controllati}} \right) * 100$$

BIBLIOGRAFIA

<https://www.theleansixsigmacompany.it/blog/generale/lean-manufacturing/>

<https://ergonomiainfabbrica.it/che-cose-il-toyota-production-system/>

<https://blog.item24.com/it/produzione-snella/lean-production-definizione-spiegazione-e-vantaggi/>

<https://123dok.org/article/il-lancio-dell-electrolux-manufacturing-system.zx50390n>

<https://www.opta.it/logistica-aziendale/logistica-di-magazzino/logistica-magazzino-gli-elementi-organizzativi>

https://www.datalog.it/gestione-magazzino/#Cosa_significa_gestire_il_magazzino

<https://www.opta.it/operations-management/pianificazione-della-produzione/pianificazione-della-produzioneù>

<https://www.oee.com/>

F. Gabrielli. Appunti di Programmazione e Controllo della Produzione, Pitagora Editrice, Bologna, 2006