



Zugo



CH

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA

TITOLO TESI DI LAUREA

Analisi della progettazione e della gestione di un impianto produttivo

RELATORE

Prof. Stefano Masullo

CANDIDATO

Giovanni Possente

Anno Accademico 2023/2024

Indice

I INTRODUZIONEp. 5

**II ELEMENTI DI PROGETTAZIONE DEI PROCESSI
PRODUTTIVI.....p. 14**

II.1 Ciclo di vita di un sistema produttivo.....p. 19

II.1.1 (Obiettivi e funzioni dei sistemi produttivi).....p. 19

II.1.2 (Il ciclo di vita di un sistema produttivo).....p. 20

II.2 Introduzione al layout.....p. 27

II.2.1 Tipi di layoutp. 28

II.2.1.1 (Layout a punto fisso).....p. 29

II.2.1.2 (Layout per prodotto).....p. 30

II.2.1.3 (Layout per processo).....p. 32

II.2.1.4 (Layout per tecnologia di gruppo, celle di lavorazione)...p. 35

II.3 Disposizione delle macchine in linea.....p. 38

III GESTIONE DI UN PROGETTO.....p. 42

III.1 Definizione degli obiettivi.....p. 42

III.2 Gestione delle risorse e delle responsabilità.....p. 44

III.3 Gestione delle tempistiche.....	p. 47
III.4 Gestione del rischio.....	p. 49
III.4.1 (Analisi del rischio).....	p. 50
III.4.2 (Risposta del rischio).....	p. 54
IV IMPIANTI DI SERVIZIO.....	p. 58
IV.1 Servizi di stabilimento e tecnologie.....	p. 59
IV.2 Classificazione dei servizi.....	p. 60
IV.3 Fattori di scelta di un servizio.....	p. 63
IV.3.1 (Il fattore di costo).....	p. 64
IV.3.2 (Il fattore di efficienza).....	p. 69
IV.4 Analisi della domanda dei servizi.....	p. 72
IV.4.1 (Componentistica di un impianto di servizi).....	p. 74
IV.4.2 (Criteri per il dimensionamento dell'elemento generatore).....	p.76

IV.4.3 (Criteri per il dimensionamento dell'elemento accumulatore)...p. 79

IV.4.4 (Ottimizzazione dell'accumulatore).....p. 82

Bibliografia.....p. 87

Capitolo 1

Introduzione

Negli ultimi anni le aziende si sono inserite sempre più in un contesto economico di livello globale; questo fatto ha comportato sia un aumento della competitività che una drastica riduzione delle vendite; di conseguenza si è resa necessaria una gestione della produzione aziendale.

In particolare, la gestione della produzione implica lo sfruttamento delle informazioni per coordinare i flussi dei materiali e delle attività operative, in modo da assegnare alle risorse produttive un tempo e interagire con clienti e fornitori. [1]



Figura 1.1 informazioni che viaggiano in direzione opposta al flusso dei materiali e delle attività operative [1]

Nelle piccole e medie imprese, molto spesso, quello che viene a mancare è proprio il flusso delle informazioni che, invece, costituisce lo strumento più efficace per fare una previsione del futuro. Questo tipo di dati viaggiano in verso opposto rispetto agli altri flussi e consentono di far emergere gli eventuali errori, gli sprechi e le criticità (figura 1.1).

Se le informazioni a disposizione sono molteplici possono presentare alcune caratteristiche in grado di monitorare, pianificare, controllare le prestazioni e prendere più facilmente le decisioni, in modo da poter indirizzare le varie operazioni verso un costante miglioramento.

Questo tipo di caratteristiche sono, in genere, l'accuratezza, la rilevanza, la tempestività e l'utilizzabilità.

Attualmente, la priorità per le aziende – in base alle richieste del cliente, e rispetto ad altri parametri come la qualità e la quantità – è quella di mantenere un basso costo. Queste richieste sono possibili soltanto se guidate da un'ottima gestione e una struttura organizzativa

tale da permettere di analizzare, individuare e comprendere i problemi che sono legati alle inefficienze dei processi aziendali.

Tra i sistemi che permettono di gestire le attività che portano alla produzione di un bene o di un servizio, in primis vanno definiti gli obiettivi dell'azienda. Tali obiettivi hanno correlazione con i prodotti che si desiderano realizzare, ovvero che costituiscono il principale output e la principale fonte di guadagno aziendale. Successivamente, devono essere presi in considerazione una serie di fattori di produzione che contribuiscono alla trasformazione delle materie prime, o semilavorati, in prodotti finiti. Quello che ci si aspetta è ottenere un prodotto in grado di soddisfare le aspettative e le necessità, spendendo il minor lavoro possibile per la sua realizzazione.

In accordo con quanto detto, è necessario che la produzione sia il più possibile corretta e ottimizzata, in quanto tutti i componenti che entrano a far parte del processo di lavorazione hanno un costo: per questo è fondamentale la scelta della giusta strategia.

I criteri scelti devono essere in grado di fornire un supporto agli imprenditori in modo ordinato, programmato, efficiente ed efficace, imponendo una massimizzazione delle performance operative ed economiche.

In particolare, per raggiungere tali obiettivi si deve:

- Progettare e realizzare un prodotto in grado di soddisfare al massimo il cliente;
- Ridurre i tempi di progettazione e introduzione sul mercato di nuovi prodotti;
- Allargare i propri mercati per aumentare i volumi di vendita;
- Mantenere i clienti acquisiti;
- Contenere i costi;
- Avere processi produttivi che sfruttino al meglio le risorse;
- Aumentare la flessibilità e la capacità di risposta alle variazioni del panorama economico;
- Avere un margine ridotto sulla vendita dei prodotti ed eliminare i difetti, gli errori e gli sprechi.

Nella decisione su quale sia il migliore sistema aziendale si devono valutare alcuni fattori come:

- La tecnologia alla base del processo produttivo;
- Il layout dell'impianto;
- Il tipo di mercato;
- Il modo con cui l'azienda si interfaccia con il mercato (personalizzazione del prodotto, volume delle vendite, lead time, livello di coerenza) [1].

Possiamo distinguere due principali problemi a cui devono far fronte le imprese:

1. *Gestione delle scorte*: per “scorta” intendiamo qualsiasi prodotto (che sia una materia prima, un semilavorato o un prodotto finito) che l'azienda conserva in magazzino per essere utilizzato in un tempo futuro [5]. Uno dei compiti più importanti legati alla logistica industriale è stabilire i livelli delle giacenze per essere in grado di soddisfare la domanda prevista, sfruttando nel modo migliore le risorse a disposizione.

La problematica principale è la “pericolosità” e la “dannosità” del tenere in magazzino le scorte; infatti, mantenere il prodotto come scorta ha un costo pari a circa il 30-40% del valore dei prodotti a stock; inoltre, il rischio è che il prodotto diventi obsoleto e subisca una svalutazione economica. (figura 1.2)

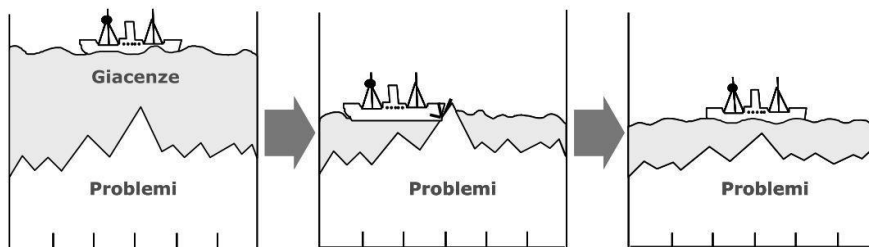


Figura 1.2 le giacenze vanno ridotte per individuare ed eliminare le criticità

2. *Gestione degli ordini di produzione:* una buona gestione del magazzino si riflette in modo positivo sul controllo della gestione. La gestione della tempistica degli ordini ai fornitori risulta fondamentale per poter avere a disposizione tutto il materiale per iniziare la produzione e consegnare il prodotto finito al cliente nei tempi concordati. In ogni fase della gestione

degli ordini di produzione si possono individuare tre momenti fondamentali:

- *Pianificazione*: viene fatta una selezione degli obiettivi e si stabiliscono le strategie, le procedure, i programmi e i progetti necessari, ovvero si definisce il livello complessivo di produzione;
- *Programmazione*: stabilisce cosa deve essere effettuato sia in termini di quantità, sia in termini di scadenze temporali. Nella programmazione si rendono operative le operazioni previste nella fase di pianificazione sfruttando al meglio le risorse fissate;
- *Controllo*: fornisce le informazioni necessarie per attuare il controllo dell'andamento delle attività di avanzamento della produzione in relazione al programma. In questo modo è possibile individuare in modo tempestivo le differenze ed evidenziare le criticità per poter intervenire, dove necessario, con diverse strategie e decisioni.

Una prima suddivisione delle strategie con cui gestire la produzione si basa sul momento in cui vengono realizzati i prodotti; questo implica una previsione su ordine del cliente. Si possono distinguere tre diversi modi di agire [6], che possono essere visualizzati nella figura 1.3

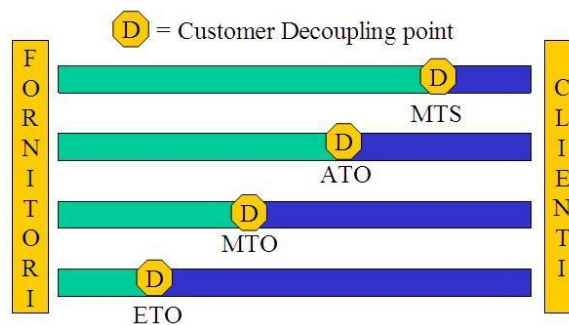


Figura 1.3 metodi di gestione della produzione classificati in base al momento di realizzazione dei prodotti [6].

- A. *Make to stock (MTS)*: una produzione standard sulla base delle previsioni di vendita;
- B. *Assembly to order (ATO)*: l'assemblaggio finale dei componenti già fabbricati avviene quando si ha l'ordine del cliente.

A questa categoria appartengono tutte le produzioni che hanno un'elevata ampiezza di mix di codici del prodotto finito, caratterizzati

da sottogruppi standard comuni, ovvero una situazione intermedia tra la produzione su previsione e quella su commessa.

C. *Make to order (MTO)*: la produzione ha inizio al momento della conferma dell'ordine;

D. *Engineer to order (ETO)*: le fasi di progettazione e ingegnerizzazione vengono attivate dopo aver ricevuto l'ordine del cliente; entrano quindi in modo integrante nel processo produttivo.

Oltre a queste modalità descritte, nel corso degli anni sono state introdotte diverse tecniche organizzative, in modo da poter essere implementate in tutti i settori aziendali. Queste strategie – alcune delle quali presentano notevoli complessità – sono diventate dei veri e propri sistemi capaci di raccogliere e memorizzare un gran numero di dati anche grazie allo sviluppo delle tecnologie informatiche.

Capitolo 2

Elementi di progettazione dei processi produttivi

In letteratura, con il termine “progettare”, si intende “ideare e studiare un prodotto o un servizio in rapporto alle possibilità e ai modi di attuazione o di esecuzione”; si tratta quindi di tutte quelle attività – sia tecniche che organizzative – che, iniziando dalla definizione dei dati in ingresso fino all’emissione degli elaborati di progetto, ne garantiscono la realizzazione. All’interno della progettazione si inseriscono anche tutte le eventuali necessità che si presentano durante la fase produttiva:

- Modifiche derivanti a esigenze realizzative;
- Utilizzo del prodotto;
- Analisi che derivano dall’assistenza post-vendita.

Quanto detto deve essere interpretato in modo dinamico, in modo tale da permettere la variabilità dei singoli aspetti che si presentino nel corso dello sviluppo di un determinato progetto. Si parla infatti di “progettazione simultanea” (*Concurrent Engineering*), in modo da

migliorare i processi e le tecniche per soddisfare le richieste del cliente:

- Tempi di consegna rapidi;
- Ampia varietà di prodotti;
- Maggiore “qualità” dei prodotti.

In particolare, con il termine “qualità” si intende un’entità che presenta i seguenti aspetti di base:

- Affidabilità;
- Manutenibilità;
- Sicurezza;
- Rispetto delle prescrizioni relative all’ambiente;
- Prestazioni;
- Durata;
- Estetica.

La *Certificazione per la Garanzia della Qualità* tiene conto delle norme della serie ISO 9000; quelle attualmente in uso sono indicate in Europa con la serie EN 29000.

La qualità fa riferimento a due aspetti generali:

- *Qualità di progetto*: determina tutti i beni e/o servizi che vengono prodotti, a vari livelli o livelli di qualità, e questi livelli sono divisi dalle relative variazioni;
- *Qualità di conformità del progetto*: determina quanto il prodotto obbedisce alle specifiche ed alle tolleranze richieste dal progetto, e risulta influenzata da diversi fattori che comprendono, tra gli altri:
 - Scelta dei processi tecnologici;
 - Addestramento e controllo degli operatori;
 - Movimentazione degli operatori.

La responsabilità della qualità è distribuita attraverso tutta l'organizzazione dell'azienda, ed alcune sue specifiche responsabilità funzionali sono:

- Pianificazione di prodotto, marketing e vendite, infatti queste funzioni hanno la responsabilità di fornire le attività di ricerca di mercato che portano alla descrizione del prodotto che

incontra maggiormente gli obiettivi di attitudine all'uso dell'acquirente;

- Engineering di sviluppo, che hanno la funzione della scelta dei macchinari e dei materiali per il progetto di industrializzazione;
- Acquisti, con la funzione di selezionare i fornitori ed interagire con essi in modo da ottenere la qualità dei materiale e dei componenti necessari

Per quanto, invece, riguarda la qualità della conformità:

- Gestione della produzione, infatti i manager della produzione sono responsabili dell'addestramento degli operatori, della appropriata manutenzione delle attrezzature, della corretta interpretazione dei disegni e delle specifiche e del controllo del prodotto durante ed alla fine del processo produttivo;
- Quadri di produzione, responsabili dell'addestramento, dell'aggiornamento e del controllo degli operatori;

- Esame e prova, per la verifica della qualità dei materiali e dei componenti in arrivo, e del controllo della rispondenza delle specifiche delle prestazioni di tutti i prodotti costruiti;
- Imballaggio e spedizione, quindi dell'adeguatezza dei materiali di imballaggio e spedizione nei quali il prodotto è contenuto e della spedizione/trasporto dell'insieme;
- Servizio dopo la vendita, garantisce la manutenzione del prodotto, comprese tutte le attività di installazione, riparazione, sostituzione. Quindi aiutare l'utente nella comprensione delle prestazioni del prodotto durante l'intera vita utile.

La piena e corretta applicazione di una o più delle norme serie EN29000 dà il diritto all'azienda di ottenere da un ente accreditato nazionale e internazionale la certificazione della qualità dell'azienda. Questa certificazione, con validità biennale, fornisce garanzie all'utente ed è una condizione indispensabile per poter mantenere un ruolo sul mercato. In altre parole, la certificazione ha il ruolo di garantire agli utenti la conformità e i requisiti di qualità e affidabilità [2].

2.1 Ciclo di vita di un sistema produttivo

Per sistema produttivo si intendono un insieme di elementi che, interagendo, pianificano e svolgono le loro attività avendo come obiettivo comune la produzione di beni e/o servizi [2]

2.1.1 Obiettivi e funzioni dei sistemi produttivi

Il principale obiettivo di un qualsiasi sistema produttivo può essere identificato come la produzione di un bene o di un servizio desiderato ma al minimo costo. Tutti gli ulteriori obiettivi possono essere di volta in volta scelti dall'azienda, come quelli di seguito riportati:

- Volume di produzione;
- Costi totali, ovvero inerenti ad una particolare tipologia di risorse (manodopera, energia, materie prime, ecc);
- Coefficiente di utilizzazione degli impianti;
- Qualità ed affidabilità dei prodotti;
- Rispetto delle date di consegna;
- Redditività e/o rientro degli investimenti effettuati;
- Flessibilità alle variazioni nelle caratteristiche del prodotto;

- Flessibilità alle variazioni nelle caratteristiche della domanda.

Tali obiettivi non possono essere soddisfatti tutti contemporaneamente, anzi spesso possono risultare in contrasto tra loro. Nella tabella 2.1 viene proposto uno schema riassuntivo di come i processi di trasformazione possano differire a seconda del sistema produttivo che viene preso in considerazione.

:

Tipo di trasformazione	Sistema Produttivo
Processo fisico	Azienda manifatturiera
Movimentazione nello spazio	Azienda di trasporti
Movimentazione nel tempo	Azienda di stockaggio
Scambio	Magazzino al dettaglio
Attitudinale	Centro di formazione
Informativo	Centro EDP

Tabella 2.1 [2]

Quindi il sistema produttivo è costituito da un insieme di elementi (macchinari, manodopera, attrezzature, procedure informative e gestionali) la cui funzione è quella di trasformare un determinato input di risorse in un bene o in un servizio.

2.1.2 Il ciclo di vita di un sistema produttivo

La definizione “ciclo di vita” si applica sia alla fase di progettazione, sia alla fase di gestione dei processi produttivi; entrambe risultano strettamente correlate in quanto il corretto esercizio di un sistema produttivo può essere assicurato soltanto nel caso in cui si sia opportunamente tenuto conto dei problemi di gestione già in fase di progettazione del sistema. Si ricorre quindi al ciclo di vita per descrivere le aree di interesse e le attività connesse con il *Production and Operations Management* (POM).

Le principali risorse a cui si fa riferimento in un processo produttivo sono:

- Materie prime, semilavorati, componenti;
- Manodopera;
- Macchinari e attrezzature;
- Magazzini e mezzi di movimentazione;
- Risorse finanziarie.

Le attività del POM sono, generalmente, affidate a responsabili che ricoprono sia funzioni *in-line* sia funzioni *in-staff*:

- Responsabili di stabilimento, della contabilità e degli approvvigionamenti (*in-line*);
- Responsabili della programmazione, dell'organizzazione e del sistema informativo (*in-staff*).

È possibile classificare quattro tipo di attività nell'ambito del POM:

1) Attività di scelta di selezione:

- Scelta dei prodotti di fabbricazione;
- Scelta dei processi di fabbricazione da impiegare;
- Scelta delle singole risorse produttive da utilizzare.

2) Attività di progettazione:

- Progettazione del prodotto;
- Progettazione del ciclo produttivo;
- Progettazione delle macchine e delle attrezzature speciali;
- Progettazione delle procedure di pianificazione e di controllo della produzione.

3) Attività di aggiornamento di parti o dell'intero sistema produttivo:

- Variazioni nella tipologia e nei volumi della domanda;

- Avvento di nuove tecnologie di produzione;
- Difetti e/o malfunzionamenti rilevati nei prodotti fabbricati, nei processi sviluppati ovvero nelle procedure impiegate.

4) Attività operative e di controllo:

- Realizzazione del prodotto e del servizio;
- Programmazione del lavoro;
- Scheduling di produzione;
- Gestione delle scorte;
- Gestione della manodopera.

Mentre i primi tre tipi di attività vengono svolti sono periodicamente, le attività di realizzazione e di controllo si estendono in modo continuo durante tutto il tempo di produttività dell'azienda.

Le fasi attraverso le quali si evolve il ciclo di vita di un sistema produttivo possono essere così raggruppate:

- *Fase di concepimento e di progettazione*: si tratta della prima fase che a sua volta si articola in una serie di sottofasi:

- a) Raccolta delle proposte di prodotti o di servizi da offrire;
- b) Analisi della fattibilità delle singole proposte per verificare:
 - Opportunità di mercato esistenti per i singoli prodotti e/o servizi proposti;
 - Possibilità di fabbricazione;
 - Tipologia delle risorse produttive
 - Entità degli investimenti.
- c) Per ciascun prodotto che si ritiene opportuno fabbricare occorre stabilire:
 - Caratteristiche finali del prodotto;
 - Ubicazione degli stabilimenti produttivi;
 - Disposizione planimetrica dei fabbricati, dei macchinari e degli impianti.
- d) Scelta delle fonti di approvvigionamento e delle risorse finanziarie necessarie per la realizzazione del programma di investimenti prescelto;

- e) Progettazione esecutiva degli impianti e loro costruzione e/o acquisto;
- f) Progettazione e realizzazione delle procedure di fabbricazione, gestione delle scorte, controllo di qualità, manutenzione, contabilità, amministrazione del personale, spedizione e elaborazione dati;
- g) Avviamento delle attività produttive.

➤ *Fase di avviamento*: vengono svolte le seguenti attività:

- a) Raccolta dei feed-back di informazioni provenienti dai diversi settori operativi;
- b) Analisi comparativa dei risultati di volta in volta rilevati come stabiliti in sede di previsione;
- c) Correzione degli elementi del sistema produttivo rivelatisi non completamente efficienti, ovvero non adeguati alle necessità reali;
- d) Riprogettazione degli elementi difettosi, ovvero integrazione degli elementi esistenti del sistema con

nuovi elementi la cui presenza sia risultata indispensabile in sede di servizio.

➤ *Fase di regime e di obsolescenza*: durante questa fase occorre continuamente:

- a) Ricercare e analizzare le informazioni di ritorno provenienti dal mercato e dell'ambiente che circonda l'azienda;
- b) Valutare la convenienza di rivedere i prodotti/servizi offerti alla luce di eventuali variazioni intervenute nella domanda, nelle tecnologie di fabbricazione e/o nelle caratteristiche di mercato;
- c) Individuare tempestivamente le risorse produttive occorrenti nel futuro prossimo e predisporre le rispettive fonti di approvvigionamento;
- d) Controllare le risposte di mercato in modo da poter rilevare l'insorgenza di fenomeni di obsolescenza dei prodotti o dei servizi offerti. A seconda dell'entità del

fenomeno, potrebbe essere necessario riprogettare il mix di prodotti fabbricati.

2.2 Introduzione al layout

In ambito industriale con il termine *layout*, nato in America tra la fine del 1800 e gli inizi del 1900, si intende la disposizione dei reparti all'interno di una fabbrica: in particolare, il B.I.T. (*Bureau International du Travail*), afferma che il layout di una fabbrica, di uno stabilimento e/o di un'area di lavoro consiste nella dislocazione dei reparti o delle officine nell'ambito della fabbrica, e delle macchine, dei posti di lavoro e dei depositi nelle aree lavorative, inclusi, laddove previsti, gli uffici e i relativi servizi aziendali. [4]

Soprattutto nel settore manifatturiero l'implementazione di uno studio rivolto al miglioramento del layout aziendale è una scelta fondamentale; infatti, nell'ambito di questo tipo di aziende il 30% e il 75% delle spese operative totali sono imputabili ai materiali: si rivela dunque strategica un'appropriata progettazione degli impianti per ridurre i costi di almeno il 10% - 30%.

Il miglioramento del layout aziendale è un'attività molto richiesta e può concludersi, se necessario, con una riorganizzazione totale o parziale che assicuri un risparmio in termini economici ed, eventualmente, un aumento della sicurezza dell'area interessata.

Considerando questi come obiettivi principali, un progetto di miglioramento di layout aziendale può avere diverse motivazioni, quali:

- introduzione di un nuovo prodotto;
- variazione del volume di domanda;
- obsolescenza delle attrezzature esistenti;
- problematiche di sicurezza (come, ad esempio, un aumento degli infortuni);
- necessità di ridurre i costi di produzione.

Nei paragrafi successivi vedremo nel dettaglio i diversi tipi di layout sulla base delle considerazioni fatte.

2.2.1 Tipi di layout

Possiamo suddividere i layout industriali in quattro macro categorie che rappresentano altrettante idee di produzione.

In funzione del tipo di prodotto o di servizio si sceglie il tipo di layout.

Le principali quattro tipologie di layout risultano strettamente connesse fra di loro, ma distinguiamo tra:

- layout a punto fisso;
- layout per prodotto;
- layout per processo;
- layout per tecnologia di gruppo.

2.2.1.1 Layout a punto fisso

In questo tipo di layout hanno un ruolo dinamico i materiali, le componenti principali del prodotto o le persone; infatti, questi elementi convergono tutti verso l'oggetto del processo di trasformazione, che invece risulta in una posizione statica (figura 2.1).

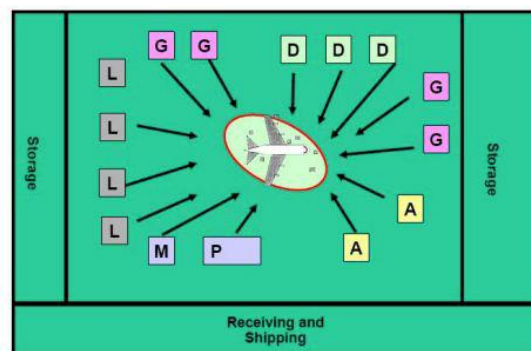


Figura 2.1 schema esemplificativo di un layout a punto fisso

La scelta di questa tipologia di layout viene fatta quando i prodotti sono di grandi dimensioni, fragili e/o impossibili da spostare. Un altro criterio di scelta di questo layout è una produzione in unità limitate, come ad esempio aerei di linea o yacht di lusso.

Per questo tipo di prodotti la lavorazione richiede tempi lunghi e spesso i prodotti che si ottengono sono unici nel loro genere. Infatti, l'attenzione è principalmente rivolta alla buona riuscita di un prodotto e non ai tempi di produzione.

2.2.1.2 Layout per prodotto

Al contrario di quanto accade nel layout a punto fisso, in questo tipo di layout i macchinari sono disposti nella stessa sequenza con la quale sono utilizzati nel ciclo di lavoro del prodotto (figura 2,2).

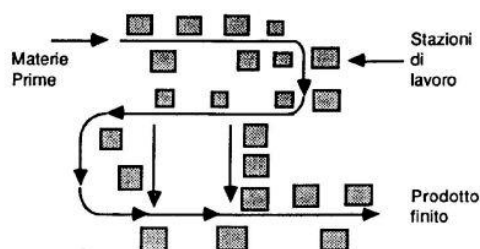


Figura 2.2 schema esemplificativo di un layout per prodotto

Durante la sua lavorazione il prodotto viene movimentato tra i diversi macchinari, partendo dalle materie prime – che sono posizionate all’inizio del ciclo – fino ad arrivare all’ultima postazione che restituisce il prodotto ormai finito.

Per la realizzazione di un layout per processo vengono utilizzati dei nastri trasportatori che permettono la movimentazione del prodotto. La scelta di questa tipologia di layout è tipica delle industrie che producono beni in grandi quantità e spesso con valore medio/basso.

Il sistema risulta essere poco flessibile proprio a causa della disposizione dei macchinari in serie. Infatti, questa sequenzialità è strettamente connessa al prodotto e risulta difficile effettuare delle modifiche in caso di un cambio delle specifiche o delle tecnologie. Al contempo, questa soluzione permette una produzione ad alti ritmi e volumi.

Questa tipologia di layout viene scelta quando i prodotti da realizzare sono limitati nella varietà ma richiesti in grandi volumi.

Vediamo, di seguito, quali sono i principali vantaggi e svantaggi:

- semplicità del flusso produttivo;
- elevata efficienza;
- bassi costi di trasporto materiali;
- scorte ridotte;
- controllo e gestione produzione semplificati;
- ottimizzazione degli spazi di lavoro;
- necessità di operatori non molto qualificati;
- scarsa flessibilità;
- collo di bottiglia (la macchina più lenta detta il ritmo di lavorazione);
- un guasto di un'unità può comportare il fermo di tutta la linea;
- ripetizione delle operazioni di lavorazione;
- costi elevati per lo studio del layout.

2.2.1.3 Layout per processo

Il layout per processo viene anche definito “layout funzionale”: in ogni reparto produttivo la disposizione delle risorse viene suddiviso in

base alla rilevanza del tipo di lavorazione che bisogna svolgere. Per questo motivo tutte le operazioni e le macchine che presentano delle lavorazioni simili vengono raggruppate e posizionate in un unico reparto o centro di lavoro (figura 2.3).

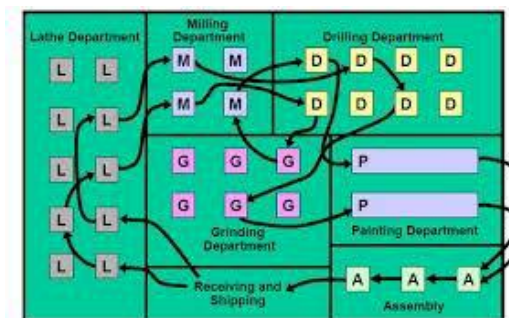


Figura 2.3 schema esemplificativo di un layout per processo

Nel layout per processo l'approvvigionamento delle materie prime non avviene in un unico momento (al contrario di quanto accade nel layout per prodotto, nel quale il rifornimento avviene all'inizio del ciclo produttivo), ma tutto viene movimentato con delle apparecchiature mobili, in genere carrelli a forche frontali, transpallet, convogliatori, ecc.

Si sceglie una soluzione di questo tipo quando sono richieste elevate differenziazioni dei prodotti ma con un basso volume.

Vediamo di seguito quali sono i vantaggi e gli svantaggi di questo layout:

- produzione molto flessibile;
- limitate duplicazioni di materiali e risorse;
- controlli e ispezioni più fluide ed efficaci;
- lavoro degli operai meno mono operativo;
- miglior controllo dei processi ad alta precisione e/o complessi;
- maggiore possibilità di ovviare ad avarie di una macchina;
- alto tasso di utilizzo delle attrezzature;
- costi di movimentazione maggiori dovuti alla lunghezza delle linee di flusso;
- tempi di produzione lunghi;
- necessità di operai qualificati;
- necessità di molti controlli;
- difficoltà di gestione produzione.

2.3.1.4 Layout per tecnologia di gruppo, celle di lavorazione

In questo tipo di layout sono presenti la suddivisione in zone riservate ad un determinato ciclo produttivo, ovvero un insieme di macchine operatrici – che svolgono lavori differenti – che vengono riunite in un unico centro di lavoro detto cella, nel quale vengono lavorate famiglie di prodotti che richiedono cicli di lavorazioni simili (figura 2.4).

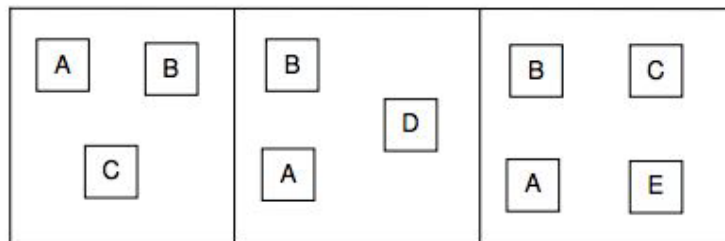


Figura 2.4 schema esemplificativo di un layout per cella

Osservando la figura possiamo vedere che ogni cella fornisce una serie di lavorazioni che vanno a completare tutte le lavorazioni che sono richieste nel tipo di prodotto.

In questo tipo di layout ritroviamo delle similitudini con quello per processo; la differenza principale tra i due è che il layout a cella

prevede che ognuna di esse non svolga un'unica operazione ma un insieme completo ed integrato di operazioni.

La singola cella rappresenta in sé un layout di prodotto, in quanto si tratta di un centro di lavoro che racchiude tutte le caratteristiche necessarie di quella che può essere considerata una piccola linea.

Vediamo di seguito quali sono i vantaggi e gli svantaggi della divisione in celle di lavorazione:

- riduzione dei tempi e dei costi di settaggio rispetto al layout per processo;
- scheduling dei prezzi ottimale (mini fabbriche);
- costi di trasporto limitati;
- maggiore gratificazione della manodopera;
- flessibilità ridotta;
- necessità di un personale più qualificato;
- duplicazione delle lavorazioni.

Dalla descrizione dei quattro tipi di layout si può capire come la scelta deve essere effettuata in funzione del tipo di prodotto, dal numero di prodotti di output e dai volumi di produzione (figura 2.5).

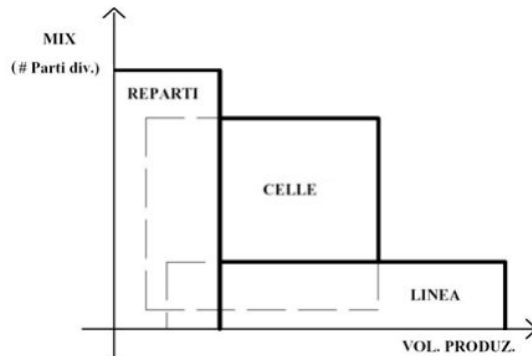


Figura 2.5 campi di impiego delle soluzioni di fabbricazione

In particolare:

- se la diversificazione dei prodotti è bassa e il prodotto è richiesto a grandi numeri si opererà per un layout di linea;
- se non è richiesto un gran numero di pezzi ma una grande diversificazione di prodotti allora si opererà per un layout a reparto o a punto fisso.

Molto spesso quella che si fa non è la scelta di un singolo layout ma una combinazione di essi.

2.3 Disposizione delle macchine in linea

Se consideriamo le aziende che prevedono come layout quello per prodotto, dove le macchine lavorano in linea, la disposizione è, nella maggior parte dei casi, scelta in funzione del tipo di prodotto, del suo ingombro e delle materie prime o dei semilavorati delle quali necessita.

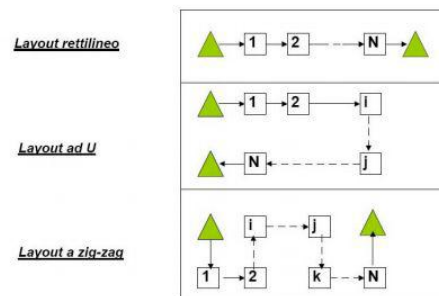


Figura 2.6 disposizione delle macchine in linea

Come si può vedere nella figura 2.6 le materie prime o i semilavorati entrano da un'estremità dello stabilimento, lo attraversano ed escono dalla parte opposta come prodotto finito.

Generalmente per questo tipo di layout è prevista la presenza di due magazzini, che si trovano rispettivamente all'inizio e alla fine della linea di produzione:

- un magazzino dove vengono riposte le materie prime o i semilavorati;
- un magazzino dove vengono riposti i prodotti finiti.

Si può fare la distinzione tra tre tipi di linea la cui scelta si basa sui bisogni di cui necessita il prodotto da realizzare. Infatti, un prodotto che necessita di un gran numero di materie prime e ingombranti deve prevedere la presenza di un magazzino di grandi dimensioni all'inizio della linea con accesso rapido, mentre un prodotto che necessita di poche materie prime e di piccole dimensioni prevederà la presenza di un magazzino di importanza ridotta.

Allo stesso modo è possibile ragionare anche per quanto riguarda i magazzini per i prodotti finiti.

Sulla base di quanto descritto si potrebbe pensare che il layout per prodotto sia il più funzionale, ma spesso troviamo delle eccezioni a

causa della mancanza di opportuni spazi di produzione oppure di spazi che non permettono la sistemazione di macchine ingombranti.

In alternativa alla disposizione lungo una linea si possono avere anche:

- *disposizioni a U*: i due magazzini sono posizionati nello stesso lato dello stabilimento; inoltre, vi è una vicinanza tra le diverse stazioni di lavorazione che permette a un operatore di poter lavorare su più stazioni, con il vantaggio di ridurre il personale e di conseguenza i costi di manodopera, oltre a fornire una migliore distribuzione dello spazio di produzione in quanto la linea occupa la metà della sua lunghezza iniziale.

Si sceglie questa tipologia di disposizione soprattutto nel caso di prodotti che non necessitano di magazzini di grandi dimensioni.

- *disposizione a zig-zag*: si sceglie principalmente per ridurre lo spazio di produzione. Infatti, alcuni prodotti possono richiedere un gran numero di stazioni per la loro lavorazione, con conseguente aumento della lunghezza della linea; la soluzione

migliore è proprio la disposizione a zig-zag delle stazioni con l'utilizzo di tappeti di movimentazione con curve.

Capitolo 3

Gestione di un progetto

Si definisce gestione di un progetto l'insieme delle attività che consentono di ottimizzare l'utilizzo delle risorse in modo da poter consegnare l'output desiderato entro un tempo stabilito. Nella gestione viene svolto il lavoro che consente di raggiungere l'obiettivo desiderato avendo a disposizione risorse, materiali e tempistiche limitate. [3]

Il project manager si occupa della gestione di un progetto all'interno di un'azienda: è dunque il responsabile della gestione che ha il dovere di:

- definire un obiettivo;
- gestire le risorse coinvolte nel progetto;
- analizzarne la tempistica;
- prevedere e controllare i possibili rischi.

3.1 Definizione degli obiettivi

Prima ancora di iniziare a studiare la fattibilità dell'idea, la prima attività da svolgere in un progetto è la definizione di un obiettivo.

Un obiettivo deve essere sostenuto da valutazioni ben precise, in modo che risulti chiaro e realistico; infatti, un buono studio dell'obiettivo porta ad un corretto svolgimento del progetto ed evita il probabile fallimento al quale può portare un obiettivo non sufficientemente studiato.

I project manager seguono cinque punti fondamentali per definire un obiettivo, che possono essere indicati con l'acronimo S.M.A.R.T. (*Specific Measurable Achievable Relevant Time Bound and Trackable*).

Questi cinque elementi sono:

- *Specific*: l'obiettivo deve essere preciso e comprensibile da tutti; infatti, un obiettivo poco chiaro potrebbe creare confusione tra le parti interessate;

- *Measurable*: un obiettivo deve essere espresso attraverso calcoli che ne consentano la misurazione; quindi non può essere definito soltanto in modo qualitativo;
- *Achievable*: l'organizzazione che viene coinvolta deve essere in grado di portare a termine l'obiettivo che viene prefissato;
- *Relevant*: la realizzazione dell'obiettivo deve essere motivante per tutti i partecipanti; quindi, deve avere un senso per un'organizzazione. Di conseguenza dovrà essere inerente oltre ad apportare valore aggiunto agli organizzatori;
- *Time Bound and Trackable*: le tempistiche di realizzazione dell'obiettivo devono essere ben definite ed inoltre devono permettere che vengano controllate nel tempo.

È proprio prendendo in considerazione questi cinque punti fondamentali che il project manager sarà in grado di presentare alle parti interessate un obiettivo valido e di possibile condivisione.

3.2 Gestione delle risorse e delle responsabilità

Soprattutto per i progetti di ampie dimensioni (ma, in generale, per la gestione di un progetto) è necessaria una particolare attenzione alle risorse che vengono impiegate, e alla responsabilità di ciascuna di esse. [3]

Per quanto riguarda le risorse utilizzate queste possono essere distinte in interne ed esterne:

- *Risorse interne*: si tratta di risorse che fanno già parte dell'organizzazione dell'azienda e che vengono chiamate in causa per la realizzazione del progetto:
- *Risorse esterne*: si tratta di tutte quelle organizzazioni che vengono consultate ed inglobate appositamente per la realizzazione del progetto.

Possiamo definire la OBS (*Organizational Breakdown Structure*), come lo strumento utile per la gestione delle risorse. Si tratta di un diagramma piramidale che consente l'individuazione delle risorse che devono essere coinvolte nel progetto.

Le risorse principali – e, ove necessario, quelle secondarie – vengono scomposte all'interno del diagramma: questo passaggio permette inoltre di assegnare ad ogni risorsa delle responsabilità.

Per costruire la matrice che rappresenta per ogni risorsa il responsabile, si interseca il diagramma con la lista delle attività necessarie al fine della realizzazione del progetto. L'assegnazione di un responsabile ad ogni attività risulta di fondamentale importanza per la corretta gestione del progetto in quanto garantisce un miglior controllo del flusso operativo.

Possiamo suddividere le responsabilità in quattro livelli:

- *Responsabilità totale*: si tratta del grado più elevato di responsabilità, ed indica che la risorsa alla quale si fa riferimento ha il dovere di controllo e gestione dell'attività nella sua completezza. In questo caso, qualsiasi imprevisto deve essere gestito dalla risorsa in modo da rispettare gli standard che erano stati stabiliti a priori.

Ogni attività deve avere un responsabile totale, che si assuma anche l'incombenza in caso di mancata realizzazione.

- *Responsabilità parziale*: in questo caso la responsabilità viene suddivisa con una o più risorse: a questo livello resta alta ma non massima.
- *Consulto*: a questo livello di responsabilità la risorsa a cui ci si riferisce deve essere informata sui progressi dell'attività; quindi, laddove si presentino delle importanti modifiche, queste dovranno essere prese in esame dalla risorsa.
- *Informato*: si tratta del più basso grado di responsabilità; infatti, a questo livello la risorsa viene soltanto avvisata sull'andamento dei lavori e sugli avvenimenti principali dell'attività, ma non ha più poteri decisionali.

3.3 Gestione delle tempistiche

Poiché ogni progetto è composto da diverse attività ed ognuna deve avere una durata stabilita, nella gestione del progetto si deve fare

anche una valutazione di quelle che sono le tempistiche per la sua corretta riuscita.

Si fa riferimento soltanto ad una stima dei tempi, perché risulta abbastanza complicato calcolare la tempistica effettiva; in particolare, per avere delle stime realistiche si fa affidamento – oltre che all’esperienza delle risorse – anche allo studio di progetti simili da realizzare. Dopo una prima fase in cui si procede a una stima della durata del progetto, è importante capire qual è il flusso temporale che intercorre tra un’attività e l’altra, per poter stabilire la giusta consequenzialità tra le stesse.

Per la valutazione delle tempistiche molto spesso si fa riferimento al diagramma di Gantt, il quale ha lo scopo di fornire una rappresentazione temporale completa del progetto di facile interpretazione.

Il diagramma è costruito da colonne orizzontali che rappresentano le attività necessarie per lo sviluppo del progetto; il diagramma indica:

- La data inizio e fine progetto;

- La durata di ogni attività;
- La precedenza temporale delle attività;
- I milestones.

I milestones sono delle attività inserite all'interno del progetto, con durata nulla ma con l'obiettivo di definire la fine di una fase e l'inizio di una nuova. Si tratta di veri e propri check point del progetto che servono per raggruppare lavorazioni dello stesso tipo e, spesso, anche utilizzate per stabilire la paga per le risorse coinvolte.

3.4 Gestione del rischio

Con riferimento ad un progetto si definisce rischio “un evento o delle condizioni incerte che, se si dovessero verificare, avrebbero un effetto positivo o negativo sugli obiettivi del progetto”. In particolare, la gestione del rischio viene suddivisa in due fasi principali:

- l'analisi del rischio;
- la risposta del rischio.

3.4.1 Analisi del rischio

L'analisi del rischio è la prima fase che si prende in considerazione, ed è volta sia ad una identificazione dei rischi che ad una loro valutazione. Infatti, per gestire quelli che possono essere i rischi associati ad un progetto, è importante sia identificarne la natura sia riconoscerne la tipologia.

➤ *La natura dei rischi* può essere:

- Naturale;
- Finanziaria;
- Economica;
- Commerciale;
- Tecnica;
- Umana.

➤ *I tipi di rischi* possono essere:

- Rischi interni, ovvero quelli che sono gestibili dall'organizzazione aziendale;

- Rischi esterni, ovvero quelli che sono ritenuti ingestibili e quindi non dipendenti dalle azioni svolte dall'organizzazione.

Generalmente per individuare quali siano i rischi presenti si utilizzano dei metodi qualitativi: si possono distinguere, in particolare, tre metodi che si affidano principalmente all'esperienza delle risorse coinvolte:

- Interviste;
- Check list;
- Questionari.

Altri metodi, invece, utilizzano i diagrammi RBS (*Risk Breakdown Structure*) e Causa-effetto (figura 3.1 a) e b)).



Figura 3.1 a) diagramma Causa-effetto

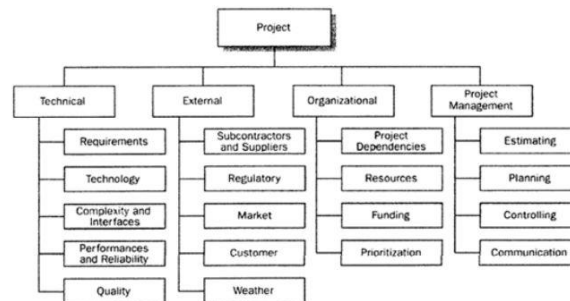


Figura 3.1 b) diagramma RBS

Nel diagramma RBS vengono scomposti i rischi su diversi livelli, in modo da risalire facilmente alla natura o alla tipologia del rischio in questione.

Nel diagramma Causa-effetto ci si basa su un'analisi approfondita di un singolo rischio; infatti, vengono analizzate tutte le possibili cause che sono coinvolte nell'accadimento di un rischio.

Nella seconda fase, invece, si passa alla valutazione dei rischi identificati in modo da riuscire ad evidenziare quali possono essere ritenuti più "minacciosi" per il conseguimento dell'obiettivo del progetto. In questo modo si può determinare la portata delle conseguenze ipotizzate e attribuire una priorità ad ogni rischio.

Per effettuare una valutazione vengono presi in considerazione due componenti fondamentali:

- Probabilità di accadimento;
- Impatto che avrebbe il rischio.

Ad ogni rischio può essere associato un indice di rischio (R), definito come:

$$R = (\% \text{ di accadimento}) * (\text{impatto})$$

Inoltre, possiamo distinguere:

- Una valutazione del rischio quantitativa tramite un vero e proprio approccio analitico;
- Una valutazione del rischio semi-quantitativa che fornisca un risultato analitico associando dei valori ai termini che si utilizzano nella valutazione qualitativa (figura 3.2);
- Una valutazione del rischio qualitativa che si basi sulla semplice descrizione del rischio utilizzando espressioni del tipo: molto pericoloso, critico, medio, marginale, trascurabile.

L'approccio viene scelto in base al tipo di progetto e ai tipi di rischi evidenziati.

PROBABILITA'				
Molto alta	Alta	Media	Bassa	Molto bassa
5	4	3	2	1
IMPATTO				
Catastrofico	Critico	Medio	Marginale	Trascurabile
5	4	3	2	1

Figura 3.2 valori semi-quantitativi per la probabilità di accadimento e l'impatto di un rischio

3.4.2 Risposta del rischio

Nella gestione dei rischi, una volta identificati e valutati quelli che sono i rischi associati ad un progetto, si passa alla seconda fase che consiste nella risposta del rischio, e nella quale viene studiata la pianificazione ed il controllo. In particolare, nella pianificazione ci si concentra sulle azioni che devono essere intraprese per eliminare o almeno ridurre i fattori di rischio: in questa fase, infatti, l'obiettivo è massimizzare le opportunità e minimizzare quelle che possono essere le minacce.

Per quanto riguarda la pianificazione si fa riferimento, nella teoria, a quattro azioni (figura 3.3) identificate in base al valore dell'indice di rischio; queste quattro azioni sono:

- *Evitare*: ci si riferisce all'indice di rischio alto essendo quello considerato più grave e si procede con un'azione che possa eliminare il rischio stesso;
- *Trasferire*: si opta per una strategia nella quale la gestione del rischio venga spostata su terze parti. Si opera questa scelta quando si ha un numero di rischi piuttosto elevato per poter essere gestito da un solo dipartimento, oppure quando si è in presenza di un rischio specifico di un settore particolare;
- *Mitigare*: si ha una accettazione parziale del rischio, quindi si tratta di una strategia che tende a ridurre cause/effetti, eseguendo comunque delle azioni che riducano gli effetti e/o la probabilità di accadimento;
- *Accettare*: si tratta di una strategia che viene scelta nel caso di rischio con indice basso nella quale, una volta che sia stato valutato il rischio, si passi ad un monitoraggio senza

l'attuazione di un vero e proprio piano di prevenzione, in quanto si considera lo stesso rischio poco probabile e/o poco influente.

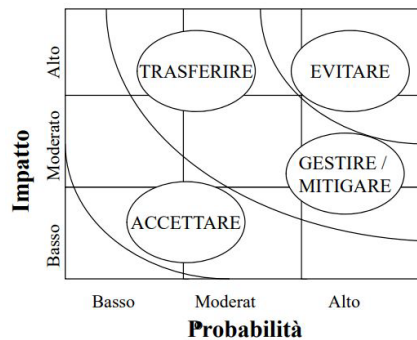


Figura 3.3 tipologie di strategie

Una volta che siano state pianificate le azioni che permettono di affrontare i rischi che si presentano in un progetto, si procede con il controllo, che ha come obiettivo principale la verifica dell'evoluzione del rischio e la ricerca dei possibili interventi che possano eliminarlo o ridurlo, rimanendo comunque entro i limiti sia di budget che di tempistiche.

Per un corretto controllo del rischio si possono considerare le seguenti fasi:

- Verifica di accadimento del rischio;
- Valutazione di eventuali scostamenti dalle previsioni fatte a priori;
- Individuazione delle cause;
- Programmazione delle azioni correttive;
- Pianificazione ed aggiornamento delle valutazioni precedenti.

Possiamo inoltre distinguere due modi principali per il controllo del rischio:

- Monitoraggio continuo nel tempo: risulta comunque più costoso ed inoltre si devono prevedere delle risorse dedicate in modo esclusivo a questa attività;
- Verifica periodica approfondita dei rischi: sicuramente meno dispendioso del precedente, ha, inoltre, il vantaggio di poter essere svolto anche dal project manager quando si è in presenza di progetti con dimensione limitata.

Capitolo 4

Impianti di servizio

Come visto nei precedenti capitoli, un impianto industriale è caratterizzato da un certo grado di complessità che ha come obiettivo la trasformazione delle risorse materiali e umane in prodotti utili. All'interno di un impianto industriale ricoprono un ruolo importante quelli che vengono detti impianti di servizio, i quali possono essere:

- Impianti per la conservazione delle derrate;
- Impianti di generazione e distribuzione dell'energia elettrica.

Tra gli impianti di servizio, in particolare, si parla di:

- *Impianti generali*: l'insieme degli impianti per la produzione o l'approvvigionamento e la distribuzione dei fluidi necessari al funzionamento dello stabilimento produttivo (es. acqua, aria compressa, energia elettrica, vapore, ecc). Ne fanno parte anche tutti quegli impianti che sono preposti al condizionamento ambientale (es. aspirazione dei fumi e delle polveri, trattamento

delle acque, riscaldamento, ecc) e gli impianti che garantiscono le condizioni di sicurezza;

- *Servizi generali*: l'insieme degli uffici, i laboratori, ecc;
- *Servizi ausiliari*: l'insieme delle officine ausiliarie, i reparti di manutenzione, le attrezzature, ecc;
- *Servizi igienico-sanitari*.

Da quanto detto si può ben comprendere come l'impiantistica dei servizi all'interno di uno stabilimento risulti di fondamentale importanza per rendere efficace e efficiente un qualunque sistema di produzione. In generale, i servizi di impianto sono loro stessi dei veri e propri impianti. [3]

4.1 Servizi di stabilimento e tecnologie

Il servizio di uno stabilimento deve essere adeguato al processo produttivo che viene svolto; si possono identificare, sulla base delle specifiche richieste, i seguenti elementi:

- *Tipo di servizio richiesto*: acqua, vapore, ecc;

- *Qualità di servizio*: le principali caratteristiche che il servizio deve avere in relazione al processo produttivo;
- *Quantità del servizio*: comprende la portata, il flusso, le interruzioni programmate e i picchi del funzionamento.

Tra i gruppi che lavorano nella gestione del processo produttivo e quelli che sono dedicati alla definizione dei servizi di stabilimento, la collaborazione è fondamentale per evitare che si vengano a creare delle interferenze di spazio oppure delle specifiche incongruenze.

4.2 Classificazione dei servizi

I servizi di stabilimento possono essere classificati in diverso modo, in particolare la classificazione avviene tramite diversi principi.

- Dal punto di vista dell'utilizzazione:
 - a) Servizi per mezzi produttivi ovvero riferiti alle macchine;
 - b) Servizi per gli addetti.
- Dal punto di vista del flusso:

- a) Servizi di alimentazione che si occupino della distribuzione da una centrale fino ai punti di utilizzazione;
- b) Servizi di scarico che si occupino della raccolta degli effluenti dagli scarichi delle macchine fino al punto di raccolta e di trattamento.

In generale, i principali servizi che devono essere presenti in uno stabilimento sono:

- Servizio elettrico, sia per quanto riguarda la generazione che la distribuzione dell'energia elettrica necessaria al funzionamento dello stabilimento;
- Servizio per la distribuzione dei fluidi, ovvero l'impiantistica necessaria al trasporto dei fluidi per il corretto svolgimento delle lavorazioni;
- Servizio di riscaldamento, ovvero la distribuzione del calore per mezzo di opportuni impianti termici;

- Servizio acqua ed olio in pressione presenti principalmente negli impianti di potenza;
- Servizio aria compressa spesso utilizzata in varie attività all'interno dell'impianto produttivo;
- Servizio combustibili che si occupi dello stoccaggio e della distribuzione dei combustibili;
- Servizio acqua potabile ed acqua industriale necessaria per usi differenti;
- Servizio di recupero e raccolta delle acque e di fognatura;
- Servizi igienico-sanitari necessari per il personale che opera nell'impianto produttivo;
- Servizio di illuminazione che garantisca la corretta illuminazione artificiale negli ambienti;
- Servizio di condizionamento che garantisca la climatizzazione e il condizionamento degli ambienti che ospitano sia le attrezzature sia gli addetti;
- Servizio di trasporto interno che consenta il trasferimento dei materiali all'interno dello stabilimento;

- Servizio fondazioni che realizzi fondazioni e basamenti per le strutture da sistemare all'interno dello stabilimento;
- Servizio edifici che si occupi della gestione e del mantenimento delle strutture che ospitano macchinari e addetti, garantendone sempre le condizioni di efficienza;
- Servizio per gas speciali, ove necessario, per lo svolgimento del processo produttivo.

Oltre a quelli descritti possono essere presenti anche dei particolari servizi in relazione alle specifiche esigenze dell'azienda e del suo processo produttivo.

4.3 Fattori di scelta di un servizio

I fattori da considerare per arrivare a definire in modo completo le caratteristiche tecniche e funzionali del servizio sono principalmente di due tipi:

- Qualitativi: l'estetica, la "bontà" del servizio, la sicurezza del personale;

- Quantitativi: elementi che fanno riferimento ai costi e alle tecnologie.

La scelta finale dovrà tener conto di entrambi, con la relativa importanza. Tra quelli di rilevanza prioritaria abbiamo sicuramente il costo e la qualità dell'impianto di sicurezza.

4.3.1 Il fattore di costo

Tra i fattori più importanti il costo è di primaria importanza; infatti, a parità di costo, si sceglierà la soluzione più sicura per il personale.

Si possono considerare due principali voci che vanno a comporre il costo:

- Il costo di impianto, ovvero la somma dei costi di ogni singolo componente dell'impianto:
- Il costo di esercizio, ovvero la somma di tutti i costi che devono essere affrontati per un certo periodo di tempo per garantire che l'impianto di servizio si mantenga in funzione.

Questi due elementi hanno, però, un peso differente sul costo finale. Infatti, laddove si riescano ad avere dei costi di servizio sufficientemente bassi rispetto ai ricavi, il margine di guadagno sarà tale da assicurare un ammortamento in tempi abbastanza brevi del costo dell'impianto. Allo stesso tempo, non si può prescindere dal costo dell'impianto in quanto questo richiede un'esposizione economica non sempre accettabile.

Il parametro che, in realtà, dovrebbe essere preso in considerazione è il costo di esercizi relativo a tutto lo stabilimento, o eventualmente quello del servizio posto a confronto con quello di stabilimento, prendendo in esame, dove possibile, le diverse soluzioni tecniche per il servizio.

Per semplicità, nella pratica impiantistica si considerano soltanto i costi relativi all'impianto di servizio, tutte le considerazioni fatte per le particolari soluzioni.

Possiamo definire il *costo dell'impianto di servizio C* la seguente somma:

$$C = M_a + M_o + P_r + I_p$$

Dove:

- M_a costo dei materiali:

$$M_a = P_f + I + A + IVA + D + C_p$$

- P_f : prezzo dei materiali presso la fabbrica e non imballati;
- I : costo dell'imballo che dipende, oltre che da altri fattori, dal tipo di trasporto e dalla sua durata;
- T : costo del trasporto;
- A : costo della copertura assicurativa per il trasporto del materiale, che dipende sia dal valore del materiale stesso sia dal tipo di viaggio e dalla distanza da effettuare;
- IVA : imposta sul valore aggiunto, valida per i materiali usati nel paese;
- D : eventuali imposte doganali, che variano notevolmente in funzione del tipo di materiale e dello Stato interessato;

- C_p : costo del denaro, che dipende dal tempo che intercorre fra il momento in cui si effettua il pagamento del materiale ed il momento in cui viene acquisito; tale costo è proporzionale al tasso di interesse praticato, al tempo e all'entità del pagamento.
- M_o costo del montaggio: dipende da numerosi fattori che sono specifici e variabili a seconda dei casi. In particolare, dipende:
 - Dal costo della manodopera;
 - Dalle attrezzature necessarie;
 - Dalla zona;
 - Dalla complessità dell'impianto.
- P_r costo del progetto: varia in funzione del grado di dettaglio raggiunto ed è esprimibile in base ad alcune indicazioni che concernono la giurisprudenza;
- I_p interessi passivi: hanno origine dalla necessità di investire del denaro il cui costo non deve essere pagato. Si tratta di:
 - Denaro preso a prestito il cui costo deve essere pagato al creditore:

- Denaro proprio che non è stato investito in una qualche attività ad un tasso di interesse variabile in funzione di questa.

Quando si valuta il costo di esercizio di un servizio occorre considerare due importanti componenti:

- Costo del servizio, che si può esprimere attraverso i comuni parametri quali il costo del kWh, il costo kg di vapore, ecc.;
- Costo dell'inefficienza del servizio, che tiene conto di tutti i costi che l'impresa deve sostenere per prendere in considerazione il mal funzionamento del servizio.

In particolare, nel calcolare il costo di servizio è necessario cercare di minimizzare tutte le componenti che lo caratterizzano, come il tipo di tecnologia che si sceglierà in base al tipo di impianto da realizzare.

Per quanto riguarda i costi dell'inefficienza del servizio, in alcuni casi questi possono risultare di grande impatto sull'andamento generale della produzione, in quanto legati anche alle interruzioni nel funzionamento dell'intero impianto. Ad esempio, in presenza di

inefficienze e/o interruzioni varie si riducono anche i volumi di produzione e quindi le variabilità di fatturato.

Dalle considerazioni fatte, i costi annui che devono essere sostenuti per un impianto di servizio risultano la somma di alcuni costi fissi e altri variabili. In particolare, i costi variabili dipendono dal volume del prodotto, mentre i costi fissi sono principalmente legati alle spese di direzione, di amministrazione, ecc.

4.3.2 Il fattore di efficienza

In un impianto di servizio, l'efficienza rappresenta un elemento importante nel momento della scelta di una soluzione tecnologica per la realizzazione dell'impianto. Infatti, l'efficienza ha una conseguenza economica importante sulla vita di tutto lo stabilimento. Quello che interessa prevedere sono gli eventuali guasti, quindi la valutazione di quella che è la sicurezza impiantistica e l'affidabilità effettiva dei componenti che possono essere riparabili o non riparabili.

Quello che è necessario conoscere è la probabilità che un dato componente impiantistico si comporti in un certo modo, nonché la sua frequenza di guasto.

L'analisi dei singoli componenti dovrebbe prevedere la conoscenza dei parametri di affidabilità di questi, che in genere dovrebbe essere disponibile. Nella realtà, non si conoscono sufficienti dati sperimentali per un gran numero di componenti, o comunque è necessario considerare le particolari condizioni ambientali e di installazione per un'appropriata analisi.

Nella maggior parte dei casi si dispone di dati sufficienti e, quindi, il funzionamento di servizio risulta quasi del tutto indipendente da particolari condizioni.

Per quanto riguarda invece le modalità di collegamento dei vari componenti, si segue una trattazione differente a seconda dei diversi elementi del sistema che possono essere:

- *Collegati in serie*: ovvero si realizza una catena di n elementi, ciascuno avente una certa frequenza di guasto p_i e quindi si ha

la probabilità di funzionamento $(1-p_i)$, caratterizzata da una probabilità di funzionamento complessiva π data dal prodotto delle singole probabilità di funzionamento (figura 4,1).

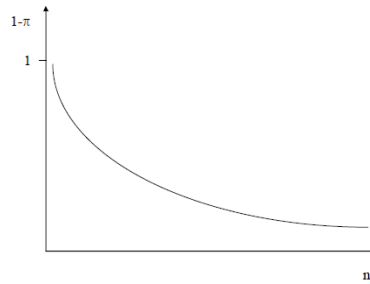


Figura 4.1 probabilità di funzionamento in funzione del numero di componenti in serie n

Dalla figura 4.1 si nota quanto sia importante ridurre, se possibile, la lunghezza della catena ovvero ridurre il numero n dei componenti.

- *Collegati in parallelo*: in questo caso la probabilità di guasto è uguale al prodotto tra le probabilità di guasto dei singoli componenti. Quindi la probabilità diminuisce con il crescere della complessità del sistema.

In fase di progettazione, per agire sulla complessità del sistema conviene agire collegando più elementi in parallelo senza accrescere la lunghezza delle catene elementari.

Un ulteriore criterio progettuale dei sistemi di servizio consiste, anche per ragioni economiche, nella centralizzazione dei servizi e successivamente nella loro distribuzione capillare fra i vari utenti.

4.4 Analisi della domanda dei servizi

Per ottenere un appropriato dimensionamento dell'impianto di servizio si deve partire dall'analisi più approfondita della richiesta di quel determinato servizio, ovvero dell'analisi della domanda. Questo permette di costruire una curva della domanda la quale, in generale, presenta un andamento periodico nel tempo (figura 4.2).

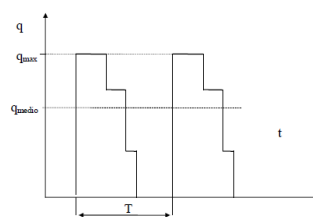


Figura 4.2 esempio di curva di domanda di un servizio

Dalla curva della domanda, si possono estrapolare i seguenti elementi:

- La richiesta massima del servizio (q_{max});
- La richiesta media del servizio (q_{medio});
- Il periodo T;
- L'intervallo di tempo corrispondente all'interruzione del servizio.

Il parametro principale per la progettazione e il dimensionamento è la richiesta massima del servizio. Infatti, la centrale erogatrice del servizio deve essere sempre in grado di soddisfare le esigenze principali, anche nel caso in cui si presentino per brevi istanti.

Se l'impianto deve servire un numero n di utenze, la precedente curva dovrà essere costruita sommando le ordinate ascissa per ascissa. Quindi la probabilità che si manifesti nello stesso istante una certa richiesta diminuisce con il numero di utenti collegati.

Considerando il rapporto:

$$\frac{T_{max}}{T} = 0.1$$

tra il tempo per il quale si manifesta la richiesta massima ed il periodo deve, tale rapporto deve essere pari a 0.1, e rappresenta la probabilità che si manifesti un picco di richiesta da parte di una generica utenza.

Considerando più utenti collegati ad uno stesso impianto di servizio, gli eventi che corrispondono all'assorbimento del servizio sono indipendenti tra di loro, quindi la probabilità che si sovrappongano picchi di richiesta fra tutti gli utenti è data dal prodotto delle singole probabilità: dunque, la probabilità che fra n utenti si abbia contemporaneamente la massima richiesta è data da:

$$P = (p_u)^n$$

Il dimensionamento dell'impianto si potrà stabilire partendo da un valore appropriato di P .

4.4.1 Componentistica di un impianto di servizi

Una volta stabilito, in relazione a quanto descritto nei paragrafi precedenti, il dimensionamento dell'impianto di servizi, si prende in considerazione la componentistica dello stesso. In generale, gli elementi presenti sono i seguenti:

- Un generatore il cui dimensionamento è dovuto alla richiesta media;
- Un accumulatore il cui dimensionamento deve soddisfare i picchi di richiesta in funzione delle considerazioni probabilistiche già trattate;
- Elementi che permettano di misurare il flusso del servizio;
- Elementi che permettano di interrompere il flusso;
- Elementi che permettano di garantire la sicurezza e la protezione del sistema.

In particolare, la specifica più importante che deve avere un impianto di servizi viene soddisfatta dalla combinazione del generatore e dell'accumulatore. Questi, infatti, permettono di soddisfare contemporaneamente sia il picco delle richieste sia la richiesta media, senza la necessità di ricorrere ad un sovradimensionamento della componentistica di base, che permette anche una migliore gestione economica.

4.4.2 Criteri per il dimensionamento dell'elemento generatore

Come detto precedentemente, il dimensionamento del generatore del servizio è strettamente collegato al dimensionamento dell'accumulatore dal loro corretto accoppiamento.

In fase di progetto, analizzando la curva di domanda, si può prima di tutto individuare il periodo di richiesta del servizio, dal quale derivano le possibilità di dimensionamento:

- Generatore dimensionato in base al picco di richiesta senza la necessità di inserire un accumulatore;
- Generatore dimensionato in base alla richiesta media, nei casi in cui sia previsto un accumulatore dimensionato, in modo da soddisfare quelle che sono le richieste in esubero.

Se consideriamo un generatore opportunamente accoppiato con un accumulatore, il dimensionamento ottimale si realizzerà quando l'incremento del costo del generatore, per un aumento della capacità erogatrice del servizio, sarà superiore alla riduzione del costo dell'accumulatore. In particolare, si considerano i costi variabili che

possono essere associati a differenti soluzioni tecnologiche, i quali possono essere ritenuti equivalenti a considerare i costi di esercizio e non i costi di impianto.

Per piccole variazioni dei parametri progettuali, il dimensionamento ottimale del gruppo generatore-accumulatore si trova uguagliando le variazioni dei costi dell'accumulatore con quelli del generatore. La relazione che si ottiene risulta di tipo lineare:

$$\Delta C_g = K_g * \Delta\left(\frac{q}{t}\right)$$

$$\Delta C_a = K_a * \Delta\left(\frac{q}{t}\right) * T_a$$

Dove il rapporto q/t rappresenta il flusso di servizio erogato, mentre K_g e K_a sono delle costanti caratteristiche dei componenti impiantistici che vanno determinate sulla base di un'analisi dei costi.

La condizione ottimale è:

$$\Delta C_g = \Delta C_a$$

$$K_g * \Delta\left(\frac{q}{t}\right) = K_a * \Delta\left(\frac{q}{t}\right) * T_a$$

Da cui si ottiene:

$$K_g = K_a * T_a$$

E quindi:

$$T_a = \frac{K_g}{K_a}$$

Che rappresenta il tempo di accumulo richiesto per compensare l'incapacità del generatore e far fronte ad un incremento della capacità produttiva. Poiché i prezzi dei componenti impiantistici sono già forniti sul listino di mercato di riferimento in base alla capacità standard, sarà necessario trovare le coppie K_g e K_a tali da trovare i valori più idonei in termini di costi d'acquisto.

Nel caso in cui la soluzione ottimale richieda l'accoppiamento tra il generatore e l'accumulatore, sarà necessario dimensionare il generatore sulla base della domanda media del servizio, che potrà essere ricavata dalla seguente relazione:

$$\left(\frac{q}{t}\right)_{medio} = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} \frac{q}{t} dt$$

Oppure, in alternativa, attraverso il grafico della curva di domande del servizio tramite integrazione grafica.

4.4.3 Criteri per il dimensionamento dell'elemento accumulatore

La funzione di un accumulatore è quella di sopperire all'incapacità del generatore di fare fronte ad una richiesta in eccesso e istantanea di un certo servizio da parte delle utenze. Quindi l'accumulatore deve essere in grado di alimentare le utenze quando si verificano i picchi di domanda.

Durante l'intervallo di tempo nel quale l'accumulatore si sostituisce al generatore, si dice che esso "scarica" il proprio servizio, mentre, tutto il resto del tempo deve trovarsi in condizioni di "carica" per poter essere pronto in caso di richieste improvvise.

L'accumulatore può essere dimensionato tenendo conto della seguente equazione:

$$C_a = \int_{t_1}^{t_2} (q - q_{medio}) dt$$

In particolare, nel caso in cui il dimensionamento ottimale del generatore comporti un eccesso nella produzione del servizio rispetto alla domanda media, esisteranno degli intervalli di tempo in cui il servizio non potrà essere accumulato in modo appropriato, in quanto l'accumulatore risulterà già saturo.

Duranti questi intervalli di tempo sarà necessaria la presenza di dispositivi di controllo in grado di interrompere la produzione del servizio e ovviare ad inutili sprechi.

Al contrario, nel caso in cui il generatore produca il livello medio di servizio che è richiesto dall'utenza, la capacità dell'accumulatore dovrà essere calcolata dalla precedente equazione in modo da consentire allo stesso di riempirsi e svuotarsi nei successivi intervalli di tempo, sulla base delle richieste dell'utenza e della contemporanea produzione di servizio svolta dal generatore (figura 4.3).

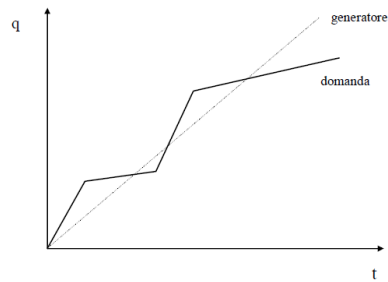


Figura 4.3 dimensionamento dell'accumulatore di un impianto di servizio

Facendo l'ipotesi che il generatore eroghi la quantità media di servizio richiesto, l'accumulatore dovrà essere dimensionato in modo che tra l'istante t_1 di completo svuotamento e l'istante t_2 di completo riempimento, la quantità di servizio accumulata sia pari a quella richiesta nel successivo intervallo di tempo di superamento della domanda; questa condizione è garantita del fatto che il generatore eroghi in modo da soddisfare la domanda media.

Nel caso in cui il generatori eroghi una quantità di servizio superiore al valore medio:

$$q_{gen} > q_{medio}$$

Per il dimensionamento dell'accumulatore si dovrà fare riferimento alla seguente equazione:

$$C_a = \int_{t_1}^{t_2} (q - q_{gen}) dt$$

Come nella figura 4.4.

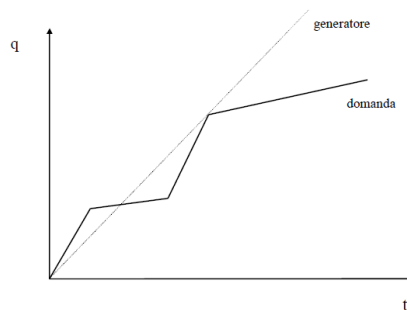


Figura 4.4 dimensionamento dell'accumulatore di un impianto di servizio con $q_{gen} > q_{medio}$

4.4.4 Ottimizzazione dell'accumulatore

Lo scopo di ottimizzare l'accumulatore è quello di evitare il danno economico che la non erogazione del servizio può produrre. In particolare, il danno può essere valutato sulla base del tempo in cui il servizio non viene erogato, e dalla frequenza con cui questo avviene.

Nella figura 4.5 viene riportata la curva di assorbimento dell'accumulatore, dalla quale è possibile individuare la frequenza di accadimento dell'evento interruzione del servizio, dove con V_{\max} si intende la capacità massima dell'accumulatore.

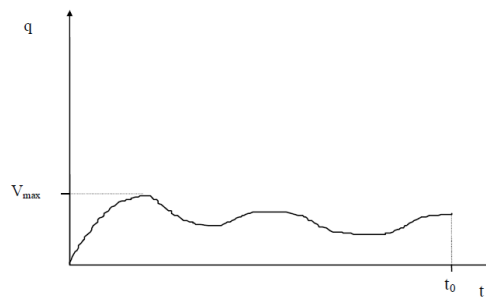


Figura 4.5 curva di assorbimento dell'accumulatore

Considerando Δt l'intervallo di tempo non coperto dall'accumulatore e t_0 l'intero intervallo temporale che viene preso in considerazione, la frequenza di accadimento dell'evento di interruzione del servizio è data da:

$$f = \frac{\Delta t}{t_0}$$

Inoltre, se nell'intervallo $[0, t_0]$ si manifestano più interruzioni, la frequenza sarà data da:

$$f = \sum \frac{\Delta t}{t_0}$$

Nella figura 4.6 è riportato il tipo andamento della frequenza f in funzione della capacità istantanea V_a , ovvero la probabilità di non soddisfare le utenze.

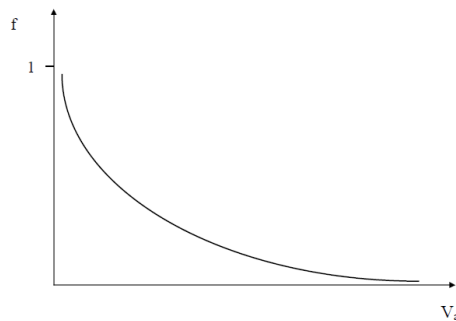


Figura 4.6 curva di frequenza di insoddisfazione per accumulatore sottodimensionato

Dalla figura 4.6 si può osservare come all'aumentare della capacità istantanea dell'accumulatore diminuisca la probabilità di insoddisfazione.

Infine, per valutare la convenienza ad accettare il disagio della possibile assenza del servizio, o incrementare la capacità del sistema per mezzo del suo accumulatore, si deve procedere con un calcolo

economico nel quale si imponga la minimizzazione dei costi di servizio. Tali costi S , sono esprimibili per mezzo del tasso di interesse più quello di ammortamento annuo α e dal costo dell'accumulatore per unità di volume:

$$S = \alpha * c * V_a$$

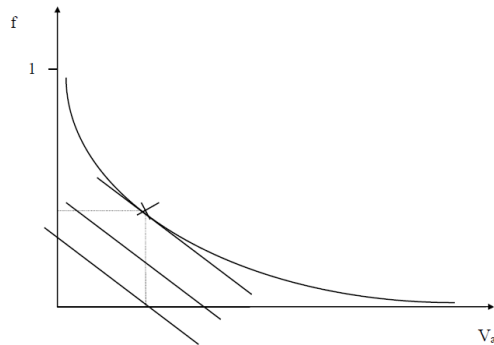
La dimensione ottimale dell'accumulatore può essere ricavata dalla seguente equazione e tracciando le relative curve (f, V).

$$\frac{df}{dV_a} = \frac{d(\Delta t)}{dT} = -\frac{\alpha * c}{\varepsilon} * \left(\frac{\frac{1}{F}}{1 - \frac{C_v}{F}} \right)$$

Dove: ε rappresenta il coefficiente di attenuazione (<1) dipendente dall'importanza del servizio.

- A parità di Δt , all'aumentare di T diviene meno probabile il verificarsi di picchi di carico che non possono essere tollerate dal sistema;
- All'aumentare dei picchi di carico diventa conveniente incrementare la dimensione dell'accumulatore.

Nel diagramma (f,V) riportato nella figura 4.7, si traccia la curva $f=f(V)$ e il fascio di rette aventi coefficiente angolare pari al valore di ottimo, individuato dalla precedente equazione.



**Figura 4.7 soluzione grafica per la dimensione ottimale
dell'accumulatore**

Il punto di tangenza fra la curva $f(V)$ e la generica retta del fascio, rappresenta la retta caratterizzata dal coefficiente angolare corrispondente alla soluzione ottimale.

Bibliografia

- [1] <http://picciarelli.dia.uniroma3.it/Corsi/MSP/MRP.pdf>
- [2] *Fedele L., Dispense del corso di Sicurezza degli Impianti Industriali, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”*
- [3] *Fedele L., Servizi generali dei Sistemi di produzione, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”*
- [4] *Moore J.M., Progettazione e layout degli impianti, Franco Angeli 1993*
- [5] *Urgelletti Tinarelli G., La gestione delle scorte, Etas, 1981*
- [6] *Wartmann J.C., Chapter, A classification scheme for master production schedule. Inberg C., French D., and Wilson B., Efficiency of Manufacturing System, Plenum Press, New York 1983*

