Appunti di **Logistica industriale L-A 2003-2004**
del CDL Ingegneria dei **Processi Gestionali e Ingegneria Gestionale**
scritti da **Mitch&Teo**
djortizei@libero.it **adebertaggia@libero.it**

Copyright **2003 Mitch&Teo** **djortizei@libero.it** **adebertaggia@libero.it**

Questi appunti sono stati presi a lezione da uno studente; ovviamente non ci sono garanzie né esplicite né implicite riguardo la qualità di questo materiale. Anzi, è molto probabile che ci siano degli errori; pertanto l'autore non si ritiene responsabile in alcuno modo dell'eventualità che questi errori condizionino seppur minimamente i vostri esami, la vostra vita o qualunque cosa facciate riferendovi a questo documento.

Questo documento è la rielaborazione personale degli appunti presi durante il corso di **Logistica industriale L-A** tenuto da **Arrigo Pareschi** nell'anno accademico **2003/2004**. Il docente e l'ateneo non sono in alcun modo responsabili o possono essere messi in relazione diretta con il contenuto di queste pagine. Se ho scritto delle *corbellerie* (grosso sproposito, sciocchezza, stupidaggine) evidentemente le mie facoltà mentali erano ottenebrate (oscurate in modo intenso e diffuso, talvolta rapido o addirittura improvviso, con un senso di tragica gravità) e ho capito male.

Se trovate degli errori farete un servizio utile a me e a tutti i potenziali futuri lettori di questo documento segnalandoli all'autore, reperibile all'indirizzo **djortizei@libero.it** o **adebertaggia@libero.it ,** è possibile, ma non certo, che prima o poi produca una nuova versione del documento con tali correzioni. In tal caso il documento sarà reso disponibile all'indirizzo **http://universibo.ing.unibo.it**.

Questo documento è rilasciato con la licenza GNU FDL, come meglio specificato nel paragrafo seguente; questo significa che chiunque può modificarlo liberamente a condizione che mantenga la stessa licenza nel suo lavoro. Se qualcuno volesse continuare lo sviluppo di questo documento. Aggiungendo, integrando, correggendo (può richiedermi la sorgente).

Diritti e permessi per la copia, diffusione e modifica di questo documento:

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is available on the World Wide Web at http://www.gnu.org/licenses/fdl.html.

Questo è un documento libero: tutti possono leggerlo, copiarlo, diffonderlo e perfino modificarlo. Perché resti sempre libero, l'autore ha posto delle condizioni che non permettono a chi lo riceve di privare di questa libertà le persone a cui lo passa. Per scelta dell'autore, queste condizioni legali con cui è possibile diffondere, duplicare e/o modificare il presente documento sono stabilite nel precedente paragrafo in lingua inglese. Esso fa riferimento ad una licenza pure espressa in lingua inglese, disponibile in rete presso http://www.gnu.org/licenses/fdl.html; per soddisfare la curiosità di coloro che fossero poco familiari con tale lingua, esiste una traduzione non ufficiale di tale licenza e tali condizioni in lingua italiana, liberamente consultabile all'indirizzo http://www.softwarelibero.it/gnudoc/fdl.it.html. Tale traduzione è "non ufficiale" nel senso che in caso di disaccordo tra il testo italiano ed il testo inglese quest'ultimo prevale.

LOGISTICA INDUSTRIALE L-A

GENERALITA'

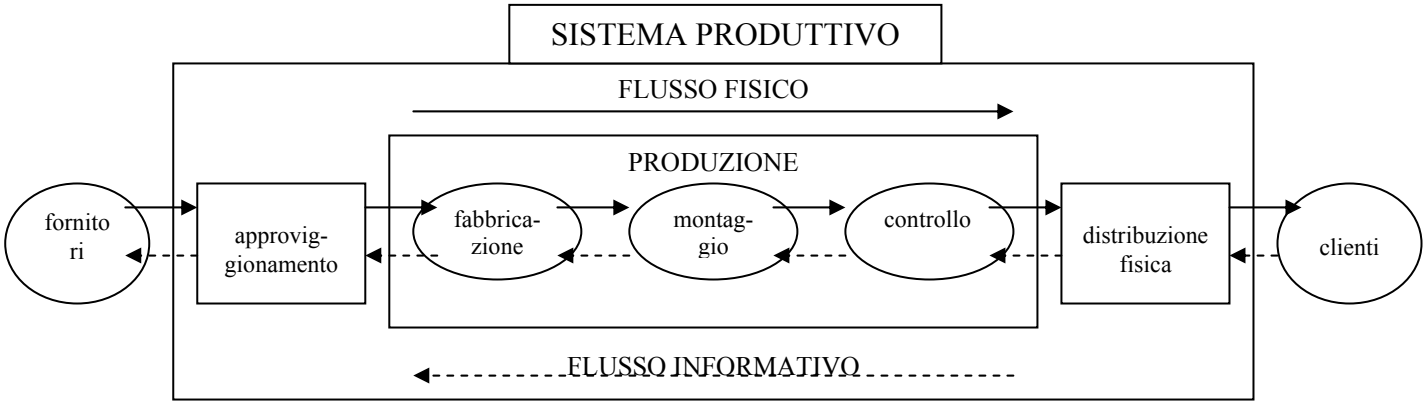
DEFINIZIONE DELLA FUNZIONE LOGISTICA

La *logistica* è la disciplina che tratta in maniera organica e sistematica la gestione integrata dell'intero ciclo operativo dell'azienda, industriale o del terziario, attraverso le sue principali funzioni di:

- gestione dei materiali
- gestione della produzione
- gestione della distribuzione fisica dei prodotti finiti

con l'obiettivo fondamentale di garantire:

- elevato livello di servizio ai clienti
- prodotti di alta qualità
- rapidi tempi di risposta
- costi contenuti



gli strumenti per l'ottenimento di questi obiettivi sono:

a) l'integrazione dei flussi fisici e informativi

b) la flessibilità dei mezzi produttivi e logistici

⇩

al fine di far fronte con rapidità e senza oneri di adattamento al continuo cambiamento della gamma produttiva conseguente alla variabilità del mercato

⇨ bisogna crescere nell'integrazione fra sistema informativo e sistema produttivo con

con una crescita modulare affinché i moduli
siano interfacciabili dal punto di vista software, hardware e meccanico = INTEGRAZIONE

+

deve essere possibile riconfigurare i moduli mantenendo inalterata l'interfaccia con gli altri moduli = FLESSIBILITA'

INTEGRAZIONE E AUTOMAZIONE LOGISTICA

all'interno della catena logistica sopra definita si possono individuare due principali flussi:

- il flusso fisico (di materiali in lavorazione, di prodotti oppure di servizi) dal fornitore al cliente
- il flusso informativo in senso inverso
- (il flusso dal processo produttivo al sistema di controllo e viceversa)

per garantire un elevato grado di servizio al cliente significa essere in grado di:

a) eseguire la fornitura dei prodotti richiesti dal cliente nella quantità, nella condizione, nel luogo e nel tempo richiesti
b) garantire un livello qualitativo dei prodotti rispondente alle attese del cliente
c) garantire tempi rapidi di risposta all'ordine e prezzi contenuti dei prodotti

→ per realizzare i suddetti obiettivi il principale strumento è l'integrazione di tutte le attività operative

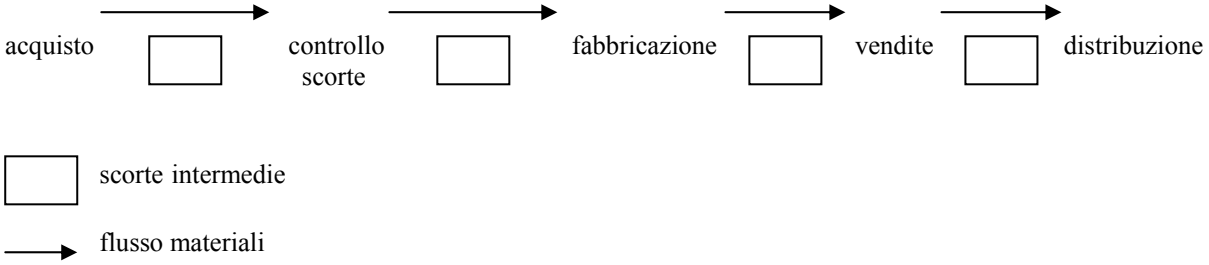
- l'industria di processo per la peculiarità di realizzare i prodotti attraverso un "ciclo tecnologico obbligato" è in grado di attuare una forte integrazione dei flussi tramite le risorse dell'automazione che portano alla realizzazione del CFM
(Continous Flow Manufacturing = fabbricazione a flusso continuo)

- la moderna logistica integrata e flessibile ha lo scopo di applicare l'approccio CFM alla produzione manifatturiera tramite il sistema CIM

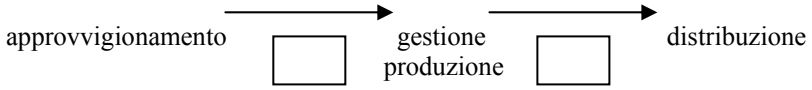
evoluzione dell'integrazione

si è assistito nel tempo ad una integrazione sempre più spinta dei flussi logistici coinvolgendo anche le altre attività di approvvigionamento e distribuzione e quindi all'esterno il sistema dei fornitori e dei clienti

STADIO 1: linea base

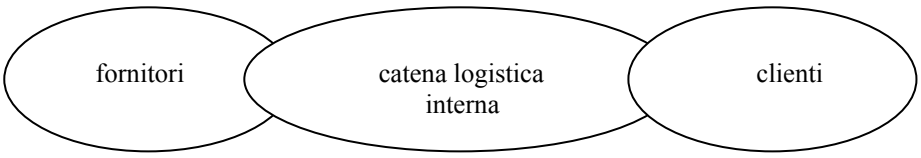


STADIO 2 : integrazione funzionale



STADIO 3 : integrazione interna

STADIO 4 : integrazione esterna



⇨ al crescere del grado di integrazione si riducono e successivamente si eliminano le scorte intermedie

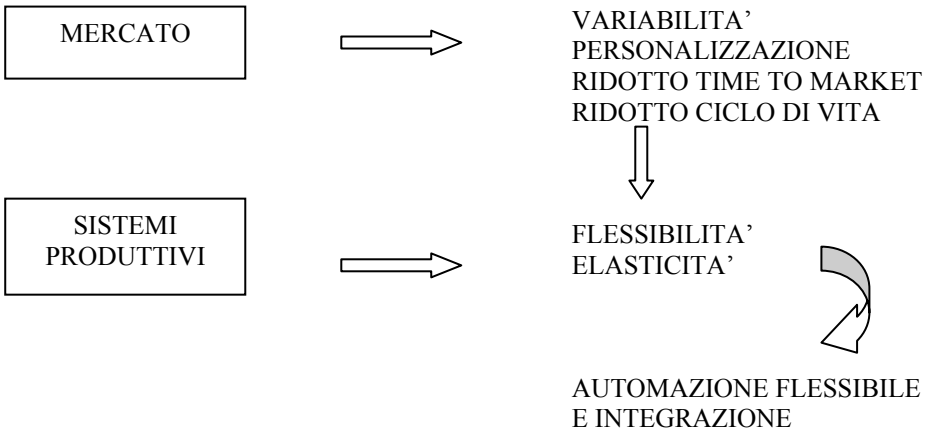
⇨ tuttavia per rispondere appieno alla variabilità del mercato odierno integrazione e automazione non bastano, è necessario infatti che il sistema di produzione acquisti caratteristiche di flessibilità

FLESSIBILITA' COME RISPOSTA ALLA VARIABILITA'

la variabilità del mercato odierno richiede una continua evoluzione ed innovazione dei tipi di prodotto offerti ed una loro sempre più spinta personalizzazione

⇩

bisogna realizzare una produzione flessibile e elastica attraverso l'automazione flessibile dei sistemi e processi produttivi



il concetto di fabbrica automatica flessibilità si è sviluppato come risposta alla tendenza mondiale verso un tipo di produzione per lotti, tendenza indotta dalla economia concorrenziale o di mercato

ciò significa:

- riduzione dei prezzi dei prodotti con nuove tecnologie
- maggiore varietà di prodotti al fine di una maggior personalizzazione
- introduzione frequente di nuovi prodotti al fine di ridurne il ciclo di vita
- quantità ridotte di lotti per aumentare il servizio ai clienti

con l'inizio del nuovo secolo è iniziata l'era della produzione flessibile, concomitante con il tramonto della produzione di massa

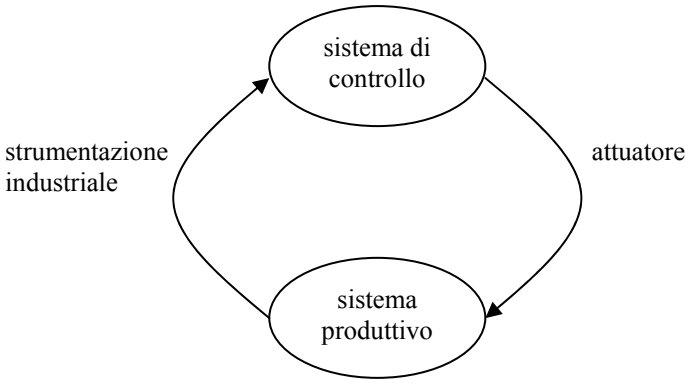
la *fabbrica moderna* si caratterizza per:

a) <u>elasticità del sistema produttivo</u>
   per rispondere a variazioni quantitative del mercato

b) <u>flessibilità del processo produttivo</u>
   per rispondere a variazioni qualitative del mercato

- flessibilità del processo produttivo significa:
  - flessibilità nelle attrezzature di produzione
  - flessibilità nel sistema logistico
  - flessibilità nel sistema di gestione e controllo

→ l'automazione integrata e flessibile è lo strumento essenziale della fabbrica moderna:
  - automazione del flusso dei materiali e delle attività di produzione
  - automazione del controllo di processo

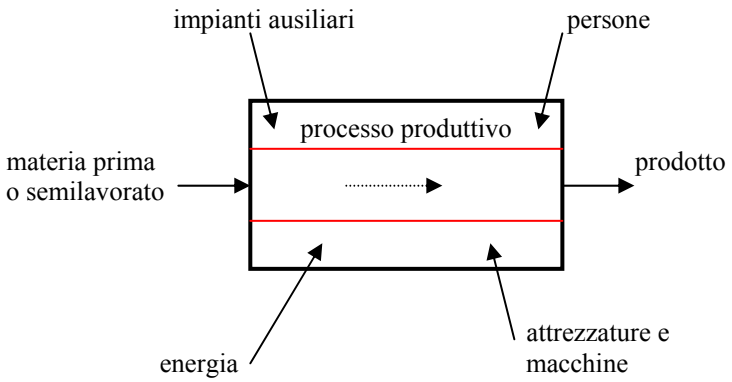


DEFINIZIONE DI IMPIANTO INDUSTRIALE

un <u>sistema produttivo</u> o <u>impianto industriale</u>:

è un complesso di macchine, apparecchiature, persone e impianti ausiliari preordinato all'ottenimento di un prodotto, ossia atto a permettere la trasformazione di materie prime o derivati in prodotti finiti.

L'impianto industriale si inserisce in una struttura o sistema o organizzazione produttiva più complessa, che si chiama *impresa* o *azienda*.
Essa è rivolta in generale al perseguimento di <u>obiettivi economici</u>, tra cui quello fondamentale è di <u>ottenere in uscita beni di maggior valore delle materie prime o merci in ingresso</u>.
(in modo da produrre un utile)



Le trasformazioni sulla materia prima (= processo produttivo) sono di natura tecnica, con variazioni di composizione chimica, dello stato fisico, della forma, delle dimensioni, dei pesi, dei volumi delle merci in entrata per ottenere in uscita altre merci.

L'impianto industriale consiste in 2 realtà:

- uno o più *impianti di produzione* o *tecnologici*

- più *impianti ausiliari* o *di servizio*,
  volti ciascuno al soddisfacimento di una determinata esigenza del processo produttivo e delle attività produttive

  es. impianto idraulico, impianto elettrico, impianto aria compressa, …

PRODOTTI FINITI

prodotti
- <u>beni materiali</u> (ossia strumentali e di consumo)
  es. tessuti, sostanze alimentari, carta, …
- <u>beni immateriali</u> (ossia servizi)
  es. trasporto pubblico, mensa, ospedale,…

ogni prodotto finito determina:

a) P_v (€ / unità) prezzo di vendita del bene

b) Q (unità / anno) potenzialità produttiva oppure quantità prodotta in un anno (non sono sinonimi)

c) C (€ / anno) costi di produzione annuali

l'utile generato da un'azienda sarà determinato dall'equazione:

$U = R - C$

$U(Q) = P_v Q - C(Q) \gg 0$

→ se questa differenza è adeguatamente positiva allora il sistema produttivo ha senso di esistere

l'elemento trainante è avere dei prodotti validi e una adeguata innovazione di prodotto, causata principalmente da 2 fenomeni:

a) la personalizzazione
b) la variabilità
   (ciclo di vita di un prodotto sempre più corto)

in presenza di una gamma produttiva o mix produttivo, ossia un assortimento diversificato delle tipologie di prodotto, avremo che:

$$Q_{tot} = \sum_{k=1}^{n} Q_k$$

dove $k = 1, 2, \ldots, n$ gamma produttiva
Q_k produzione del prodotto k

CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE

L'impianto industriale consiste in 2 realtà, abbiamo detto:

- uno o più *impianti di produzione* o *tecnologici*
- più *impianti ausiliari* o *di servizio*

<u>L'impianto tecnologico</u>: l'insieme più o meno articolato di macchine, apparecchiature, congegni, dispositivi costituenti una unità organica e tecnologicamente individuata, nella quale vengono compiute le operazioni di trasformazione vera e propria delle materie prime in prodotto finito, <u>in cui</u> cioè <u>si realizza il ciclo tecnologico</u>.

⇨ gli impianti tecnologici da soli non consentono di ottenere alcun prodotto in quanto il loro funzionamento è possibile in virtù di altri impianti complementari, gli impianti di servizio

gli impianti industriali posso essere classificati in base a:

1) natura delle trasformazioni e del prodotto finito → impianti:
- ceramici
- meccanici
- tessili
- chimici
- …

2) dimensioni →
- grande industria
- media industria
- piccola industria

3) capitale e lavoro (composizione organica del capitale)

4) processo produttivo → monolinea
sintetico (o convergente)
analitico (o divergente)

5) continuità del processo produttivo → a ciclo continuo
a ciclo intermittente

1) con riferimento alla natura delle trasformazioni e del prodotto finito si distinguono:
- impianti meccanici
- impianti chimici
- impianti elettrici
- impianti siderurgici
- …

2) i parametri per valutare le dimensioni di un'industria sono molti.

Muovendo dalla piccola alla grande dimensione si assiste ad una progressiva <u>integrazione del ciclo produttivo</u> (cioè alla sua estensione verso valle e verso monte), fino a pervenire al cosiddetto <u>ciclo integrale</u>, in cui hanno luogo tutte le trasformazioni dalla materia prima al prodotto finito.

3) con riferimento al capitale e al lavoro si distinguono impianti ad alta intensità di capitale e impianti con prevalente contenuto di lavoro.
definiamo la *composizione organica del capitale* R

$$R = \frac{\text{capitale fisso}}{\text{capitale variabile}} \quad \begin{matrix}\text{(mezzi di produzione)}\\ \text{(forza lavoro)}\end{matrix}$$

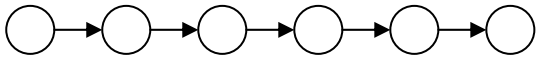
- gli impianti ad alta intensità di capitale hanno una R elevata
- gli impianti con prevalente contenuto di lavoro hanno una R bassa

la <u>tendenza</u> generale è quella di andare verso valori di R sempre più elevati <u>sostituendo lavoro vivo con nuove macchine cioè con lavoro pregresso necessario per fabbricare le macchine stesse</u>

4) con riferimento al processo produttivo (oppure al diagramma tecnologico) si distinguono:

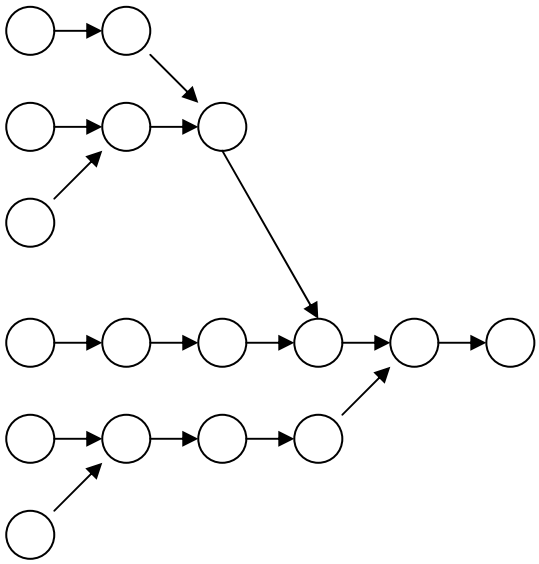
a) <u>processi produttivi monolinea</u>
es. produzione di cemento, ghisa

nei processi monolinea l'output di ogni operazione passa tutto attraverso l'operazione successiva



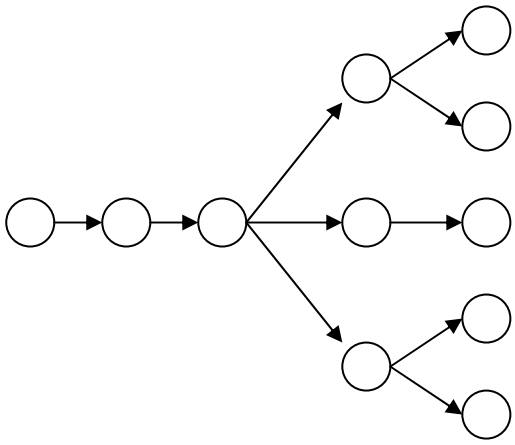
b) <u>processi produttivi sintetici</u> o <u>convergenti</u>
es. elettrodomestici, automobili, elettronica,…

nei processi sintetici le materie prime e i componenti convergono da varie direzioni nella fase terminale del processo che spesso è di <u>assemblaggio</u>



c) <u>processi produttivi analitici</u> o <u>divergenti</u>
es. petrolchimica, mobili, farmaceutici, …

nei processi analitici da una o poche materie prime si ottengono molti prodotti diversificati



5) con riferimento alla continuità del processo produttivo si distinguono:

- impianti a ciclo continuo o a flusso
  es. altiforni, cementifici, raffinerie

- impianti a ciclo intermittente
  es. produzione ripetitiva per lotti, produzione per cicli variabili su disegno o su commessa

CLASSIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI DI SERVIZIO

L'impianto di servizio: sono impianti complementari, inseriti negli impianti industriali ma non direttamente partecipanti alla produzione e forniscono servizi all'impianto tecnologico principale affinché funzioni correttamente

finalità dell'impianto di servizio:

- fornitura di energia elettrica o termica
- fornitura o scarico di materiali solidi o liquidi
- realizzare condizioni ambientali idonee alla produzione
- conservare i beni
- assicurare il benessere dei lavoratori
- realizzare condizioni di igiene e sicurezza

gli impianti di servizio posso essere classificati in base a:

a) entità servita
- mezzi produttivi
- persone addette

b) tipo di servizio
- di alimentazione (o centrifugo)
- di scarico (o centripeto)

c) funzione svolta
- produzione e distribuzione di energia
- controllo condizioni ambiente di lavoro
- trasporto materiali solidi e liquidi
- interazione impianto-ambiente esterno

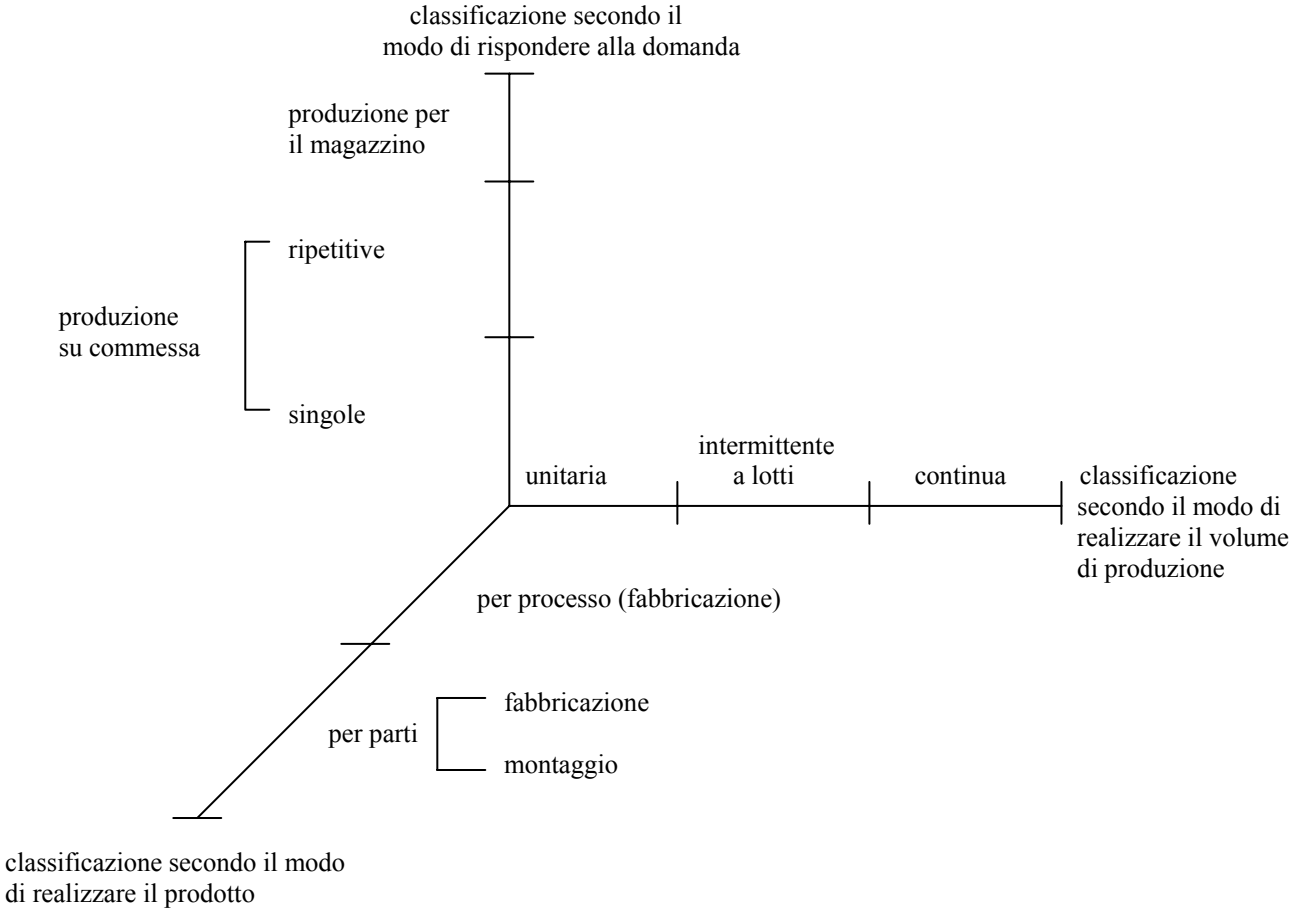
b) - negli impianti di alimentazione il servizio prodotto da un'unità centrale viene distribuito nei punti di utilizzazione
es. energia elettrica, acqua industriale, vapore

- negli impianti di scarico l'oggetto del servizio viene raccolto dalle utenze e convogliato ad un centro di raccolta
es. negli effluenti liquidi

TIPI DI PRODUZIONE

le produzioni industriali possono essere classificate:

- secondo la natura del prodotto
- secondo il volume di produzione
- secondo le caratteristiche del prodotto



• classificazione secondo il modo di realizzare il prodotto

a) produzione per parti
es. automobili, elettrodomestici, …

consiste nel fabbricare o comprare delle parti per poi assemblarle

- fabbricazione → linee / reparti

- montaggio o assemblaggio
(manuale o automatico)

b) produzione per processo
es. cemento, acciaio, prodotti chimici, prodotti ceramici, …

- fabbricazione (attraverso un ciclo)

• classificazione secondo il modo di realizzare il volume di produzione

a) produzione continua
=
il volume di produzione è molto elevato nell'unità di tempo

b) produzione intermittente a lotti
=
il volume di produzione è più modesto

c) produzione unitaria
=
il volume di produzione è assai basso

• classificazione secondo il modo di rispondere alla domanda

a) produzione su commessa
es. aerei, treni, …

l'attività produttiva viene intrapresa sulla base degli ordini dei clienti
↓
vi è un rischio di esercizio per l'impresa: rischio nella valutazione dei costi a priori

la produzione per commessa si suddivide ulteriormente in:

a1) produzione su commesse singole

le specifiche del prodotto vengono conosciute solo all'atto dell'acquisizione dell'ordine

a2) produzione su commesse ripetitive

le specifiche del prodotto sono note in anticipo rispetto all'inizio del processo produttivo
- subfornitori di componenti per le industrie di grande serie
- fornitori degli enti di stato

b) produzione a magazzino
es. prodotti a bassa tecnologia

l'attività produttiva viene effettuata prima di avere ricevuto gli ordini dei clienti e quindi sono necessari magazzini per collocare i prodotti finiti

↓

vi sono rischi di mercato per l'impresa: rischio sulla domanda di mercato

LA LOGISTICA INTEGRATA E IL SISTEMA CIM

Le esigenze connesse con i metodi di produzione integrata e flessibile dettano le specifiche della fabbrica flessibile:

- flessibilità nell'introduzione di nuovi prodotti (diminuzione ciclo di vita)
- fabbricazione di piccoli lotti a costi di produzione competitivi
- rapidità di modifica in prodotti di funzione simile
- efficienza del controllo di qualità
- capacità di produrre un'elevata varietà di prodotti per meglio soddisfare le necessità individuali del mercato
- abilità nel produrre un prodotto base suscettibile di modifiche speciali su richiesta dell'ufficio vendite

La fabbrica moderna in grado di soddisfare le suddette specifiche dovrà essere caratterizzata da:

- automazione delle attività di produzione e del flusso di materiali
- controllo automatico dell'intero processo produttivo
- flessibilità del processo produttivo per seguire meglio le mutevoli indicazioni del mercato
- realizzazione del sistema CIM (Computer Integrated Manufacturing – fabbricazione integrata col calcolatore)
  ovvero della gestione computerizzata di tutte le attività aziendali

per quanto riguarda l'automazione e l'integrazione del flusso fisico l'avvenimento che ha avviato il processo è stata l'introduzione delle macchine utensili a controllo numerico (MU-CN) e l'introduzione dei controlli computerizzati (MU-CNC)

- un centro di lavoro CNC è una macchina utensile universale capace di eseguire lavorazioni diverse su pezzi differenti dotata di magazzino mobile porta utensili

- le attività di svariate macchine CNC e di un singolo robot possono essere incorporate in un unico sistema, che prende il nome di cella di fabbricazione e il calcolatore della cella è interfacciato con i calcolatori dei robot e delle macchine CNC

- l'attività di molte celle di fabbricazione può essere coordinata tramite l'ausilio di un sistema di trasporto automatizzato dei materiali

  ↓

  questo è il più alto livello gerarchico nel controllo di flusso di un impianto manifatturiero e è indicato con FMS (Flexible Manufacturing System – sistema flessibile di fabbricazione)

una volta prodotti i pezzi vengono trasportati alle stazioni di assemblaggio per il montaggio

- più stazioni automatiche di assemblaggio per una famiglia di prodotti costituiscono un sistema flessibile di assemblaggio FAS (Flexible Assembly System – sistema flessibile di assemblaggio)

- le attività di collaudo e verifica dei prodotti possono essere automatizzate attraverso dispositivi automatici CAT (Computer Aided Testing)

  il controllo è eseguito anche on line o in process attraverso stazioni di controllo intercalate alle stazioni di fabbricazione e di assemblaggio

- il flusso fisico dei materiali da FMS a FAS è assicurato da sistemi trasportatori automatici

  - i sistemi automatici di trasporto di tipo rigido utilizzano convogliatori a rulli rotanti, a nastro, a catena

  - i sistemi automatici di trasporto di tipo flessibile utilizzano carrelli AVG (Automatic Guided Vehicle) a guida automatica di diverso tipo

    { l'installazione dei AVG eleva ulteriormente la flessibilità del sistema

    { il calcolatore del sistema di trasporto può essere interfacciato con CIM aumentando il livello di integrazione logistica

- si può procedere in maniera analoga anche per i sistemi di immagazzinamento usando magazzini intensivi automatizzati, caratterizzati da alti scaffali serviti da dispositivi di carico e scarico automatici, detti trasloelevatori

  essi sono dotati di computer di bordo interfacciato con un calcolatore principale per la gestione dell'intero magazzino

anch'esso può essere collegato al CIM aumentando il livello di integrazione del flusso fisico dei materiali

⇨ integrando gli FMS, i FAS, i sistemi di movimentazione con AGV e di trasporto, con i sistemi di gestione dei materiali (MRP) e di programmazione della produzione si ottiene la piena integrazione e automazione del flusso logistico (fisico e informativo) ovvero la <u>logistica integrata</u>

⇨ la gestione integrata del flusso dei materiali può esistere solo se supportata da opportuni sistemi di controllo automatico dei processi e di gestione delle informazioni

- un <u>sistema di controllo automatico</u> è costituito da:

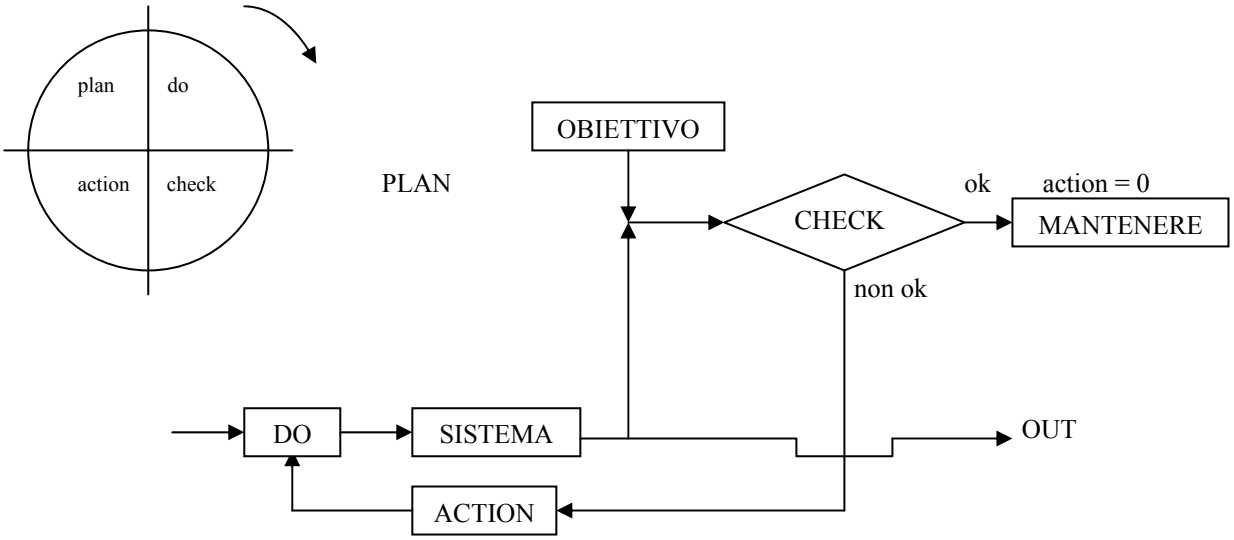
  1) <u>strumentazione</u> (trasduttori e catene di misura) per l'acquisizione delle informazioni dello stato del capo delle variabili di processo (pressioni, temperature, …)

  2) <u>attuatori</u> per il trasferimento delle informazioni operative al processo

  3) calcolatore di processo detto anche <u>unità di controllo</u>

il calcolatore di processo confronta ciclicamente i dati misurati delle variabili di processo con i valori nominali

in presenza di discrepanze elabora le correzioni da apportare ai valori delle variabili stesse attuandole attraverso gli attuatori e controllando poi che i valori effettivi di funzionamento si riportino ai valori nominali, attraverso il controllo in retroazione



il passo successivo nella realizzazione del sistema CIM (Computer Integrated Manufacturing) consiste nell'utilizzazione del calcolatore in tutte le aree dell'azienda che abbiano attinenza con la produzione e nell'integrazione e interfacciamento dei relativi software.

- tipicamente nel sistema CIM sono impiegati moduli CAD/CAM per integrare il progetto e la fabbricazione dei prodotti al fine di minimizzare il ciclo di produzione della fabbrica

  - il sistema CAD (Computer Aided Design – progettazione assistita dal calcolatore) prevede l'uso del calcolatore elettronico nella progettazione di pezzi singoli o complessivi

    2 passi basilari: a) disegno di un modello con l'ausilio della grafica computerizzata
    b) analisi del modello al computer

  - il sistema CAM (Computer Aided Manufacturing – fabbricazione assistita dal calcolatore) prevede l'uso del calcolatore nel processo di fabbricazione di un pezzo o di un prodotto

    2 classi principali: a) applicazioni in linea
    b) applicazioni non in linea

il concetto principale dei sistemi CAD/CAM è la generazione di un comune archivio di dati geometrici che viene utilizzato per tutte le attività di progetto e fabbricazione

l'archivio dati centralizzato consente una sostanziale riduzione degli errori umani ed un significativo accorciamento del tempo richiesto fra l'introduzione del concetto di un nuovo prodotto e la fabbricazione del prodotto fisico finale

- nel sistema CIM rientra infine anche la gestione computerizzata di tutte le attività di servizio gestite a computer:
  - acquisizione ordini
  - spedizioni
  - acquisti
  - gestione dei materiali
  - …

⇩

al più alto livello nella fabbrica moderna vi è il sistema CIM che si avvale dei sistemi visti in precedenza e richiede la partecipazione coordinata dei calcolatori in tutte le fasi della iniziativa manifatturiera

→ tutte le fasi sono integrate in un'unica rete computerizzata con la supervisione del calcolatore CIM che monitorizza le attività interdipendenti e controlla ognuna di esse sulla base di una strategia manageriale complessiva

CIM	EDP CAE Pianificazione strategica Approvvigionamento Amministrazione e finanza	livello 3
CAD/CAM PP&C	Progettazione assistita al calcolatore Produzione assistita al calcolatore Gestione della produzione Controllo della produzione	livello 2
DNC	FMS sistema flessibile di produzione FAS sistema flessibile di assemblaggio CAT sistema di testing Supervisione movimentazione materiali Supervisione stoccaggio materiali	livello 1
CNC LCU CNC PLC PLC	Lavorazione Assemblaggio Ispezione Movimentazione materiale Stoccaggio materiale	livello 0

CIM Computer Integrated Manufacturing
EDP Electronic Data Prcessing
CAE Computer Integrated Processing
CAD Computer Aided Design
CAM Computer Aided Manufacturing
PP&C Production Planning and Control
DNC Direct Numerical Control
FMS Flexible Manufacturing System
FAS Flexible Assembly System
CAT Computer Aided Testing
CNC Computer Numerical Control
LCU Local Control Unit
PLC Programmable Logic Controller

⇨ il CIM è un sistema modulare e può essere realizzato per passi in funzione degli obiettivi aziendali garantendo l'integrabilità e l'interfacciabilità dei sistemi installati con quelli che saranno oggetto di futuri sviluppi

↓

effetti:

- incrementi di efficienza gestionale
- integrazione operativa
- riduzione dei tempi di attesa e di movimentazione
- riduzione del tempo totale di produzione o di attraversamento

INNOVAZIONE DI PRODOTTO, CONFEZIONAMENTO E RICADUTE LOGISTICHE

INNOVAZIONE E STUDIO DI PRODOTTO

- richieste dei consumatori
- possibilità offerte dalle nuove tecnologie
- competizione del mercato

⇩

incrementano:

- il numero di prodotti diversi
- le opzioni
- le versioni speciali di prodotti base

le attività di ricerca e sviluppo di un nuovo prodotto sono seguite dal progetto preliminare e dalle attività di ingegnerizzazione:

- progetto funzionale
- progetto della forma
- progetto del processo tecnologico

per sopravvivere e crescere in un'economia dinamica sono necessari prodotti sempre nuovi e lo sviluppo di essi è affare costoso e rischioso

↓

per questo motivo le aziende hanno in produzione una grande varietà di prodotti
infatti un mix produttivo molto ampio protegge da:

- decadimento dei brevetti
- comparsa sul mercato di prodotti competitivi
- comparsa di nuove tecnologie di produzione
- rischio di mettere tutte le uova nello stesso paniere

la stessa linea di un prodotto non è fissa ma sottoposta a un continuo cambiamento, in quanto il ciclo di vita di un prodotto varia fortemente

CICLO DI VITA DEL PRODOTTO

il ciclo di vita di un prodotto viene misurato attraverso l'evoluzione delle vendite nel tempo

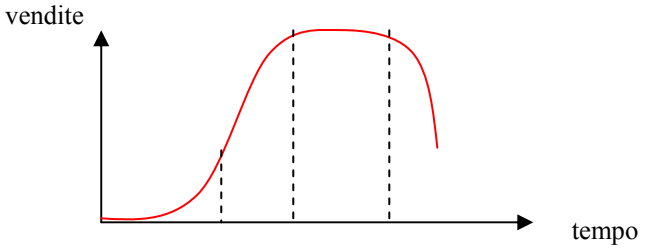
esso comprende 4 stadi:

1) introduzione
   crescita iniziale delle vendite piuttosto lenta mentre il mercato viene sensibilizzato

2) crescita
   rapida crescita delle vendite quando il prodotto raggiunge il gradimento del mercato con aumento delle vendite e degli utili

3) maturità
   graduale riduzione del ritmo di crescita a mano a mano che il mercato diventa saturo, stabilizzando il fatturato e diminuendo l'utile unitario

4) declino
   caduta della domanda quando scompare la necessità del prodotto stesso o il prodotto è rimpiazzato da nuovi prodotti



a seconda del prodotto

- la durata del ciclo di vita
- l'estensione temporale di ogni stadio
- la forma della curva vendite/tempo

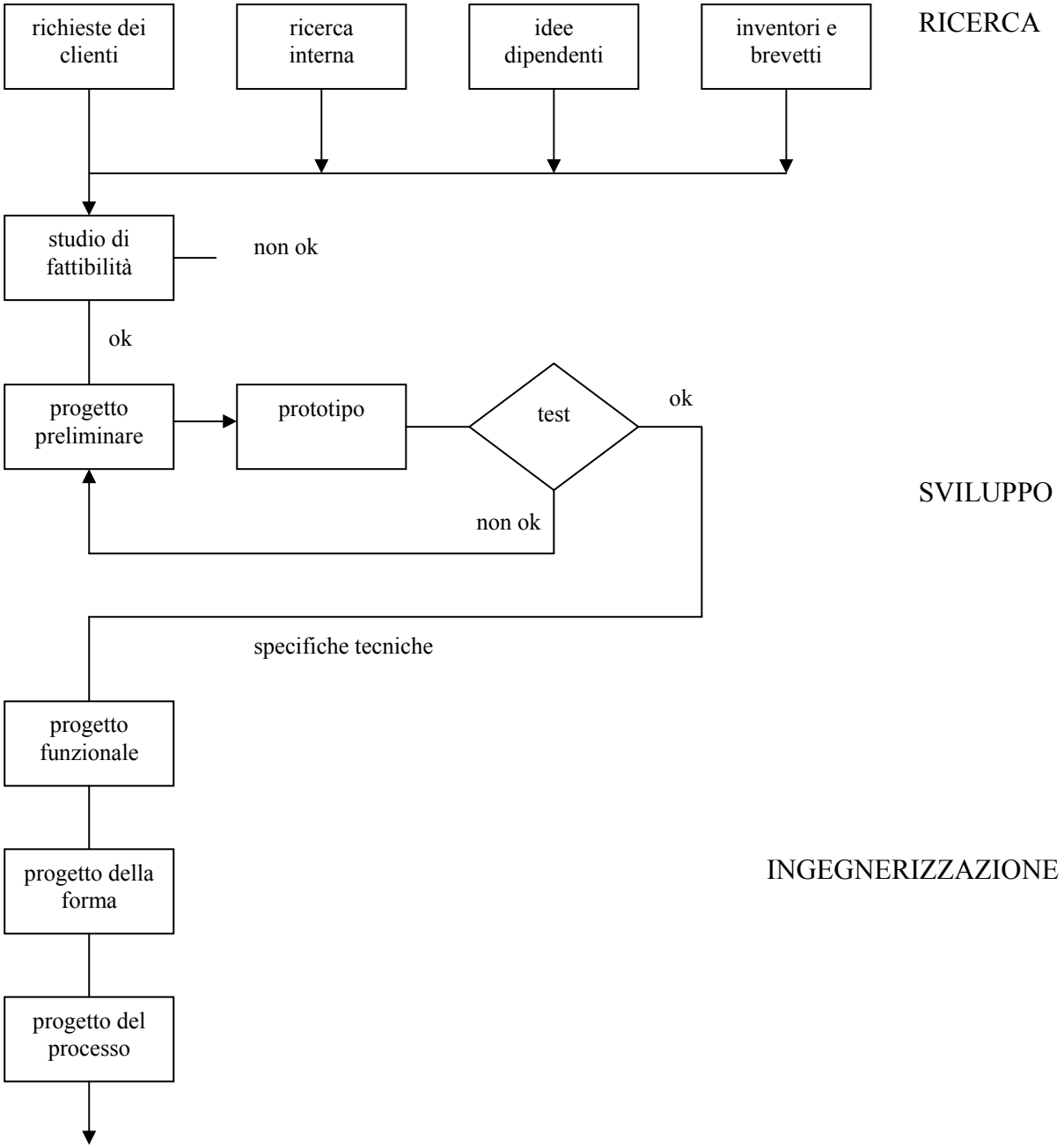
variano fortemente

⇨ risulta quindi importante identificare il passaggio da uno stadio all'altro, poiché le strategie del mercato devono cambiare a seconda dello stadio

sono fattori importanti:

a) lo sviluppo del prodotto e del suo progetto nel periodo di introduzione
b) una consolidata reputazione del prodotto basata sull'affidabilità nel periodo di crescita
c) la pubblicità e il livello di servizio ai clienti durante il periodo di maturità
d) il controllo dei costi di produzione durante la fase di declino

STUDIO DEL PRODOTTO



RICERCA

la ricerca di nuove idee può essere stimolata da:

- dai clienti
- dalla Ricerca & Sviluppo
- da inventori esterni
- dai dipendenti aziendali

alla fine di tale fase si verifica la fattibilità del prodotto con uno studio volto all'eliminazione delle soluzioni non compatibili con:

- gli obiettivi dell'azienda
- le risorse dell'azienda

dopo un esito positivo dello studio di fattibilità si effettua una progettazione preliminare con una fase di prototipazione

SVILUPPO

a questo punto si dà corso alla fase di sviluppo percorrendo più volte l'anello
verifica-modifica-verifica
fino all'individuazione di specifiche soddisfacenti e definite

INGEGNERIZZAZIONE

a questo punto prende avvio l'ingegnerizzazione del prodotto attraverso il progetto dettagliato che comprende la progettazione della funzione, della forma e del processo

PROGETTO DETTAGLIATO

il progetto dettagliato comprende:

a) progetto funzionale
b) progetto della forma
c) progetto del processo di produzione

PROGETTO FUNZIONALE

esso riguarda le prestazioni del prodotto

è necessario decidere le caratteristiche tecniche del prodotto con riferimento:
- al livello qualitativo del mercato
- all'affidabilità
- al costo di prodotto in confronto concorrenti

i fattori più significativi nell'ambito del progetto funzionale sono:

a) livello qualitativo del mercato
b) scelta dei materiali
c) affidabilità e manutenzione del prodotto
d) garanzie
e) brevetti, copyright e marchi di fabbrica

a) <u>livello qualitativo del mercato</u>

un prodotto può essere destinato a servire un segmento del mercato di alto, medio o basso livello qualitativo e ciò si deve riflettere sulla scelta dei componenti e dei materiali usati nella produzione e nel grado di affidabilità del prodotto finale

b) <u>scelta dei materiali</u>

la scelta ottimale è quella che permette di ottenere, con i minori costi di produzione, un prodotto di prestazioni pari a quelle progettate e nel contento rispondente alle attese dei potenziali clienti

c) <u>affidabilità</u>

la vita utile di un prodotto dipende:

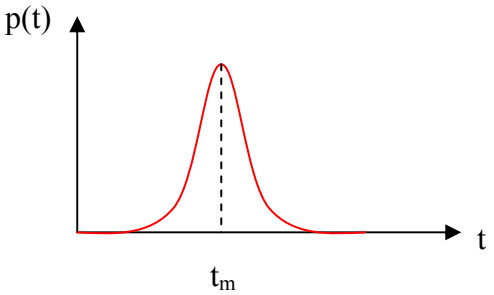
- dal suo progetto
- dal livello qualitativo del processo di produzione
- dalle condizioni nelle quali viene impiegato
- dalla sorte

↓

è quindi di difficile previsione

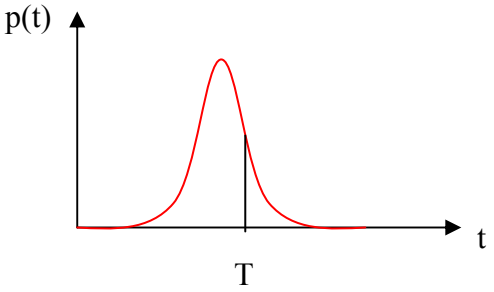
⇨ spesso le scelte dei clienti fra prodotti concorrenti è fortemente influenzata dalla fama di affidabilità che un prodotto ha rispetto a un altro

la probabilità che un prodotto duri un tempo T ha una distribuzione gaussiana o normale



t_m vita media (massima probabilità) = MTBF (Mean Time Before Failure)

- fissato un tempo T a cui si vuole una certa affidabilità



definiamo <u>reliability</u> (affidabilità) R(T) al tempo T
la probabilità cumulativa che il prodotto, che ha iniziato la sua vita al tempo 0, sia ancora funzionante al tempo T

l'aumento dell'affidabilità si può ottenere:

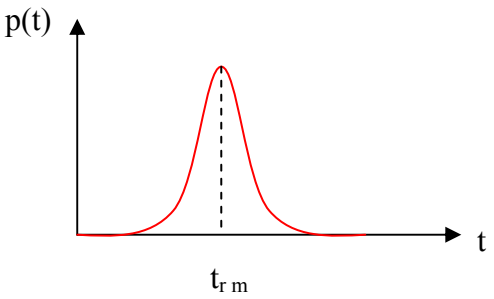
- riducendo la complessità del prodotto
- utilizzando materiali di caratteristiche più elevate
- impiegando componenti in parallelo per le parti più soggette a guasto
- educando il cliente ad attuare una corretta politica di manutenzione preventiva e predittiva

<u>manutenibilità</u>

quando un bene è un prodotto strumentale, va soggetto durante la sua vita a diversi cicli costituiti da:

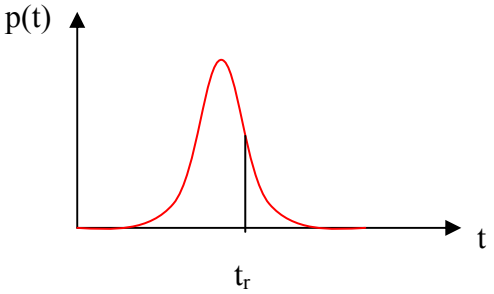
- fase di funzionamento
- guasto
- riparazione mediante intervento manutentivo
- ripresa del funzionamento

la probabilità che un prodotto venga riparato in un tempo T_R ha una distribuzione gaussiana o normale



$t_{r\,m}$ tempo medio per la riparazione (massima probabilità) = MTTR (Mean Time To Repair)

- fissato un tempo T a cui si vuole una certa manutenibilità



definiamo <u>manutenibilità</u> $F(t_r)$ al tempo t_r
la probabilità cumulativa che il prodotto, che si è fermato per guasto al tempo 0, sia già riparato e in condizione di funzionare correttamente al tempo t_r

nel caso di prodotti che siano beni strumentali ha importanza la disponibilità del prodotto stesso

TT (Total Time) tempo totale di riferimento es. TT = 40 ore

UT (Up-Time) tempo in cui il prodotto è disponibile per il funzionamento es. UT = 38 ore

DT (Down-Time) tempo di fuori servizio del prodotto es. DT = 2 ore

A disponibilità del prodotto nel tempo TT

$$A = \frac{UT}{TT} = \frac{UT}{UT + DT}$$

il tempo di fuori servizio DT dipende dal numero e dalla durata degli interventi di manutenzione a guasto e preventiva che si verificano nel tempo di riferimento TT

è evidente che prodotti di alta affidabilità e manutenibilità presentano più ridotti valori di DT e quindi più elevati valori di disponibilità offrendo a parità di prestazioni istantanee vantaggi economici di gestione da parte del cliente che li utilizza

d) garanzie

la garanzia sul prodotto viene offerta dal produttore a protezione del compratore e serve essenzialmente per dichiarare gli standard di qualità e affidabilità del prodotto

la garanzia assicura il funzionamento di un prodotto per un determinato periodo di tempo

PROGETTO DELLA FORMA

la forte variabilità e concorrenzialità dei mercati spinge le aziende ad impiegare la forma del prodotto come leva competitiva
(la funzione in alcuni casi segue la forma)

la forma del prodotto ha implicazioni rilevanti dal punto di vista logistico

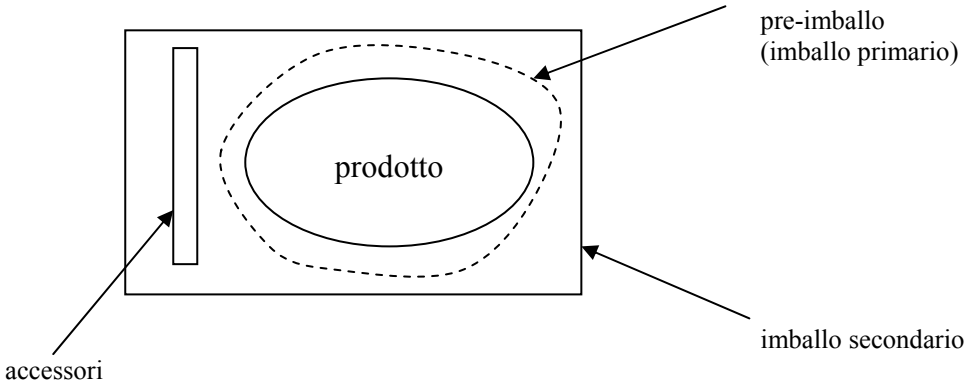
fattori di forma del prodotto:

- peso
- volume
- forma e dimensioni
- afferrabilità
- rischio di danneggiamento
- stato fisico
- quantità
- tipo di confezionamento
- tipo di produzione richiesta

all'interno della filiera logistica si ha diffusamente a che fare con "prodotti imballati"

<u>ideazione del sistema prodotto-imballo</u>

rappresentazione del legame prodotto-imballo



lo studio del confezionamento riguarda le seguenti attività:
- studio del tipo di pre-imballo
- studio degli accessori
- studio dell'imballo esterno

in queste attività è fondamentale conoscere tutte le norme da rispettare

- lo studio del *pre-imballaggio* viene svolto in base ai seguenti fattori:

  <u>idoneità in relazione al prodotto</u>:
  - ermeticità
  - protezione dall'aria
  - igiene
  - assorbimento delle accelerazioni
  - assorbimento degli urti e riduzione dei rischi di schiacciamento

  <u>idoneità in relazione all'uso</u>:
  - evitare rotture del contenitore durante l'utilizzo
  - evitare lo schiacciamento del contenitore durante la manipolazione
  - permettere la visione del prodotto
  - facilitare l'apertura del prodotto
  - evitare spargimenti di prodotto

  <u>idoneità in relazione alle esigenze logistiche</u>:
  - il prodotto deve essere facilmente trasportabile
  - il pre-imballo non deve scivolare
  - lo spessore del materiale non deve essere eccessivo
  - il pre-imballo deve presentare una facilità di presa
  - il pre-imballo deve presentare una certa consistenza e stabilità

  <u>idoneità in relazione alle esigenze commerciali</u>:
  - il pre-imballo deve avere ottime caratteristiche di stampabilità
  - il pre-imballo deve essere brillante
  - il pre-imballo deve essere trasparente, a parte taluni casi

- gli *accessori* sono indispensabili per:

  - isolare il materiale pre-imballato
  - chiudere il pre-imballato
  - consentire un più facile uso del prodotto o per salvaguardare il prodotto

lo studio porta alla definizione di un certo numero di alternative di confezioni di prodotto che devono essere valutate in base a:
- considerazioni economiche
- aspetti logistici

le considerazioni economiche riguardano i vari costi che si dovranno sostenere nelle diverse alternative

gli aspetti logistici riguardano l'esame delle varie soluzioni sulla base delle attività necessarie per ottenere il prodotto pallettizzato finito che sono:
- il raggruppamento
- imballaggio
- pallettizzazione

delle 5 o 6 alternative selezionate come migliori verrà studiato l'imballo esterno ovvero il carico pallettizzato da caricare sui vettori di trasporto esterno (UdC, Unità di Carico)

fattori su cui si basa lo studio:
- idoneità in relazione alle sollecitazioni nei trasporti, nelle movimentazioni e negli stoccaggi
- mantenimento delle caratteristiche di partenza
- ottimizzazioni dimensionali e di peso
- minimizzazione dei costi delle attrezzature, della movimentazione, dello stoccaggio, della distribuzione e infine delle attività presso il cliente

le alternative di imballo finale devono essere infine confrontate con le esigenze di marketing, relative essenzialmente alla comunicazione con il cliente

i materiali utilizzati per il confezionamento o l'imballaggio dei prodotti devono essere:
- di basso costo
  perché destinati a essere riciclati o distrutti

- di aspetto gradevole
  per contribuire al successo del prodotto

- di caratteristiche idonee
  per proteggere il prodotto

tipici materiali da confezionamento sono:
- la carta
- il cartone
- il cellophane
- l'alluminio
- il vetro
- il legno
- la plastica

lo studio dell'imballo riguarda oltre la distribuzione finale anche:
- la fornitura di materiali grezzi o di componenti
- gli scambi con eventuali sub-fornitori
- i trasporti e le movimentazioni interne allo stabilimento

<u>le funzioni e le tipologie di imballaggio</u>

in sintesi si può affermare che l'imballaggio consente l'uso dei prodotti in tempi e luoghi diversi

il prodotto e il relativo imballaggio formano un binomio assolutamente inscindibile:
in molte situazioni il contenuto ha un pregio ed un valore maggiore del contenitore, ma non sono rari i casi in cui un prodotto viene acquistato per merito della sua confezione

l'imballaggio fu inventato da William Lever (1851-1925) impacchettando pezzi di sapone in carta pergamena nella cittadina inglese di Bolton
(egli fondò successivamente la fabbrica Unilever)

le tre funzioni più comuni dell'imballaggio sono:

- protezione del prodotto
- protezione dell'utente
- mantenimento della vita e qualità del prodotto
- agevolazione del trasporto
- conservazione
- facilitazione dell'uso

⇨ l'imballaggio è oggi divenuto un mezzo di comunicazione attraverso cui far conoscere le caratteristiche del prodotto, da quelle concrete e tangibili a quelle emozionali e relazionali nei confronti del consumatore

tipi di imballaggio:

1) <u>imballaggio per la vendita o primario</u>
   imballaggio concepito in modo da costituire, nel punto vendita, una "unità di vendita" per l'utente finale o per il consumatore
   (es. pacchetto di sigarette, taniche, bottiglie…)

2) <u>imballaggio multiplo o secondario</u>
   imballaggio concepito in modo da costituire una unità di vendita indipendentemente dal fatto che sia venduto come tale all'utente finale o al consumatore o che serva soltanto a facilitare il rifornimento degli scaffali nel punto vendita. Può essere rimosso dal prodotto senza alterarne le caratteristiche
   (es. la stecca di sigarette, vassoi, scatole cartone, scatole fustellate, …)

3) <u>imballaggio per il trasporto o terziario</u>
   imballaggio concepito in modo da facilitare la manipolazione e il trasporto di un certo numero di unità di vendita oppure di imballaggi multipli per evitare la loro manipolazione e i danni connessi al trasporto, esclusi i container per i trasporti stradali, ferroviari, marittimi e aerei
   (es. scatolone che contiene più stecche di sigarette, pallet, …)

IL PALLET

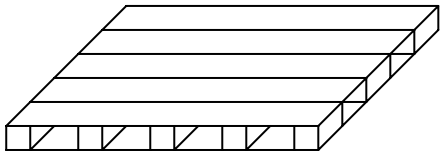
il pallet è sicuramente l'imballaggio terziario più diffuso per lo stoccaggio, la movimentazione e la distribuzione delle merci

secondo l'UNI ISO 445:
piattaforma orizzontale caratterizzata da un'altezza minima compatibile con la movimentazione tramite carrelli transpallet e/o carrelli elevatori a forche e altre appropriate attrezzature di movimentazione, impiegata come supporto per la raccolta, l'immagazzinamento, la movimentazione ed il trasporto di merci e di carichi

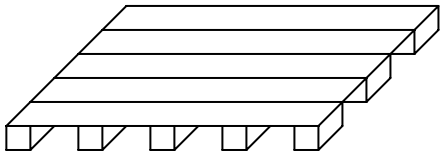
il pallet è realizzato:
- principalmente in legno massiccio
- in legno pressato
- in metallo
- in cartone ondulato
- plastica

le funzioni del pallet sono:
- proteggere il prodotto durante il viaggio
- facilitare il trasporto del prodotto
- facilitare lo stoccaggio
- collegare flessibilmente l'imballaggio e mezzi di movimentazione e trasporto

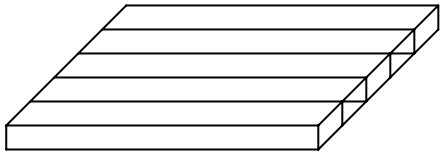
- tipi di pallet:



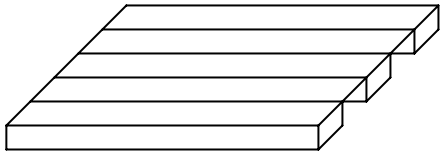
pallet reversibile a 4 vie



pallet non reversibile a 4 vie



pallet reversibile a 2 vie



pallet non reversibile a 2 vie

- esistono diversi tipi di pallet con dimensioni unificate riportate nella seguente tabella:

Dimensioni in pianta [mm]	UNI 4121/88	ISO 6780/78
800 x 1000	●	
800 x 1200 (Europallet)	●	●
1000 x 1200 (pallet U.K.)	●	●
1140 x 1140 (Australia)		●
1100 x 1100		●
1219 x 1016 (48" x 40" USA)		●

l'utilizzatore del pallet non deve necessariamente coincidere con il proprietario del pallet stesso

il concetto alla base è il sistema detto <u>pooling</u> od interscambio:
un qualunque utilizzatore può servirsi di un unico fornitore di attrezzature standard per lo stoccaggio e la distribuzione delle merci e il fornitore si assume la responsabilità dello sviluppo, dell'acquisto e della manutenzione delle attrezzature

in aggiunta al pallet a perdere si distinguono le seguenti modalità:

1) <u>locazione o affitto dei pallet</u>

l'affitto dei pallet necessari rappresenta una soluzione:
- flessibile
- snella
- economica

tra la società di locazione e distributore o produttore industriale si stipula un contratto secondo cui il primo mette a disposizione del secondo il numero di pallet richiesti

il cliente spedisce la propria merce informando ogni volta la società di locazione sui punti di consegna, mentre quest'ultima recupera i pallet e li ripara

es. in Italia CHEP

CHEP offre le seguenti varianti di locazione:
a) raccolta: CHEP fornisce i pallet presso i depositi dell'utente, il quale li carica di merce e li invia ad un punto di consegna che deve comunicare a CHEP in modo che possa provvedere alla raccolta

b) interscambio: il produttore rimpiazza presso un punto di consegna i pallet caricati di merce con pallet vuoti disponibili all'uso

c) trasferimento di noleggio: il noleggio di pallet CHEP viene trasferito da un anello al successivo lungo la catena logistica, ottenendo un flusso di materiale a partire dal fornitore di materia prima fino al cliente finale

2) semplice gestione del parco pallet

la società di gestione non possiede pallet, come la società di locazione, bensì gestisce semplicemente i pallet di proprietà del suo cliente, organizzando i flussi ed occupandosi del mantenimento e della manutenzione del parco esistente

LE UNITA' DI CARICO PALLETTIZZATE

per unità di carico, o UdC, si intende l'unità logistica per le attività di "handling", ossia movimentazione e stoccaggio di materiale genericamente raggruppato in un imballo terziario

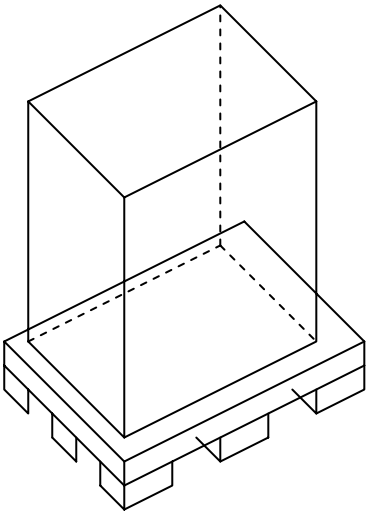
le caratteristiche delle UdC pallettizzate:

- compatibilità con i sistemi di stoccaggio
- compatibilità con i sistemi di trasporto
- compatibilità con le caratteristiche dei prodotti e degli imballaggi secondari
- compatibilità con i sistemi di handling
- compatibilità con le operazioni di prelievo manuale

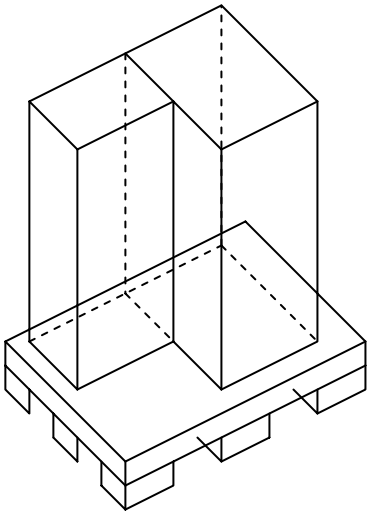
⇨ le esigenze di compatibilità impongono una altezza raccomandata per le UdC variabile tra i 1000 e i 2200 mm

fattori che caratterizzano l'UdC pallettizzata:

- stabilità
- peso
- baricentro
- regolarità della composizione
- sovrapponibilità
- possibilità di debordare con gli imballi secondari



UdC monoarticolo di forma regolare
(pallet "del produttore")



UdC multiarticolo di forma irregolare
(pallet del "distributore")

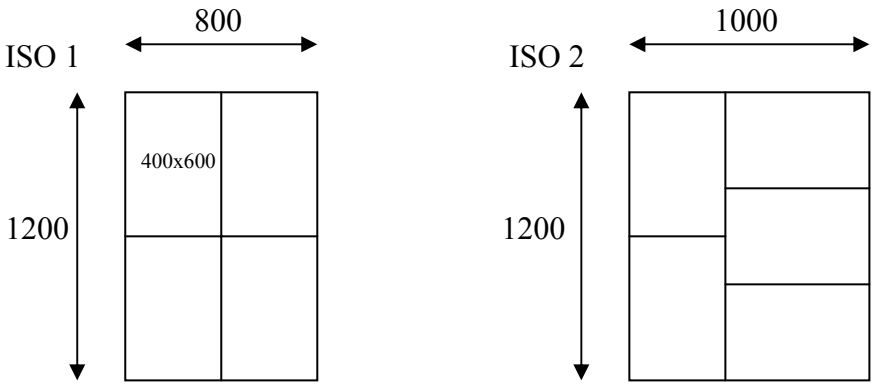
il progetto di normalizzazione degli imballi fissa le dimensioni degli imballi in relazione alla normalizzazione internazionale degli imballi secondari

si definisce il cosiddetto <u>modulo base</u> di 600 x 400 mm in pianta compatibile con Europallet 800 x 1200 ISO 1, pallet 1000 x 1200 ISO 2 e contenitore standard ODETTE, con multipli e sottomultipli

Modulo base	1M 600x400
Multipli	2M 800x600
	3M 1200x1000
	4M 1200x1200

Sottomultipli

600x400	600x200	600x133	600x100
300x400	300x200	300x133	300x100
200x400	200x200	200x133	200x100
150x400	150x200	150x133	150x100
120x400	120x200	120x133	120x100



la definizione del modulo base permette di valutare comodamente la compatibilità degli imballi con i sistemi di trasporto

- il container ISO da 20 piedi o TEU (Twenty foot Equivalent Unit) di dimensioni 8x8x20 piedi con volume utile di 33 m^3 e portata di 18300 kg
  può ospitare:

  11 pallet 800x1200
  10 pallet 1000x1200

- anche il container ISO da 40 piedi FEU (Forty foot Equivalent Unit) presenta la stessa incompatibilità con le UdC pallettizzate

- i semirimorchi stradali hanno 2440 mm di larghezza utile interna, adatta per ospitare 2 pallet affiancati e confezionai, mentre la lunghezza di 13,6 metri consentirebbe il collocamento di 33 UdC pallettizzate 800 x 1200

standardizzazione dei contenitori e delle informazioni

l'abbinamento del flusso fisico delle merci e del relativo flusso informativo trova la sua migliore realizzazione nell'unione di contenitori modulari standardizzati accompagnati da etichette o documenti contenenti informazioni standard sia per tipo che per formato

il flusso informativo avviene tramite scambio elettronico dei dati tra gli anelli della catena logistica, evitando numerosi problemi di disallineamento e disomogeneità

EDI (Electronic Data Interchange)
è una modalità di scambio elettronico dei dati tesa a ridurre al minimo la manipolazione di documenti cartacei e l'intervento manuale della gestione

benefici dell'EDI:
- riduzione degli errori
- incremento della velocità di servizio
- contenimento dei costi di gestione
- contenimento dei costi di immagazzinamento
- protezione dei dati
- miglioramento del livello operativo

- sono stati proposti diversi protocolli di scambio delle informazioni, ad esempio lo standard ODETTE, utilizzato nel settore automobilistico, che si basa sull'uso del codice a barre

  questo sistema considera l'etichetta come veicolo delle informazioni che fa dire al prodotto chi è il suo fornitore, gli estremi dell'ordine, … utilizzando uno scanner in lettura per identificare con precisione le merci

  altri esempi di protocolli riservati sono:
  - SWIFT settore bancario
  - BROKER NET settore assicurativo
  - CEFIC settore chimico
  - EDI CON settore delle costruzioni
  - TRADERNET settore commercio al dettaglio
  - SABRE prenotazione voli
  - PHARMET settore medicale
  - EDI FICE settore industria elettronica
  - SHIPNET settore delle spedizioni

RENDIMENTO VOLUMETRICO DEGLI IMBALLAGGI

il rendimento volumetrico è utile alla determinazione del grado di sfruttamento dei vari livelli di imballaggio

esso va inteso come rapporto tra il volume del contenuto e il volume del contenitore:

$$\eta_{IP} = \frac{\text{volume netto prodotto}}{\text{volume lordo IP}}$$ rendimento volumetrico primario

$$\eta_{IS} = \frac{(\text{N}^{o}\text{ imballi primari in IS}) \times (\text{volume imballo primario})}{\text{volume lordo IS}}$$ rendimento secondario

$$\eta_{IT} = \frac{(\text{N}^{o}\text{ imballi secondari in IT}) \times (\text{volume imballo secondario})}{\text{volume medio IT (inviluppo carico)}}$$ rendimento terziario

$$\eta_{t} = \frac{(\text{n}^{o}\text{ IT sul mezzo}) \times (\text{volume IT})}{\text{volume utile del mezzo}}$$ rendimento volume del trasporto

<u>i materiali per l'imballaggio</u>

la scelta tra i materiali d'imballaggio disponibili è estremamente ampia

si utilizzano:
- scatole
- nastro adesivo
- reggia
- film estensibile
- pluriboll
- polistirolo
- film termoretraibile
- punti metallici
- …

la cellulosa e i suoi derivati e in particolare la carta sono stati fra i primi elementi usati per l'imballo

i principali processi di assemblaggio in carta e cartone sono:
1) incollaggio
2) processi meccanici: realizzare un incastro meccanico tra due o più parti che una volta assemblati costituiranno l'imballaggio finale
3) graffettaggio: utilizzare delle graffette per unire più parti di carte o cartone

- le caratteristiche però che rendono la plastica preferibile sono:
  - versatilità
  - leggerezza
  - robustezza
  - inerzia chimica
  - affidabilità
  - economicità

- le principali tecniche di assemblaggio degli imballaggi in materie plastiche:
  - incollaggio
  - saldatura
  - assemblaggio ad alta frequenza
  - assemblaggio ad ultrasuoni
  - induction
  - spinwelding
  - processi meccanici: realizzare un incastro meccanico tra due o più parti che una volta assemblati costituiranno l'imballaggio finale

⇨ il legname tuttavia rimane ancora la materia più diffusa per gli imballaggi

- tra gli altri materiali utilizzati si citano:
  - l'alluminio
  - la latta
  - la stagnola
  - vetro

<u>la gestione degli imballaggi e dei rifiuti da imballaggio</u>

Il "Decreto Ronchi" del 1997 ha introdotto nel nostro ordinamento un sistema diretto sia al recupero e alla valorizzazione dei rifiuti di imballaggio sia all'individuazione dei criteri per la progettazione e la fabbricazione degli imballaggi stessi

Fissato il principio preventivo della riduzione della quantità e della nocività dei materiali da imballaggio, il decreto elenca le attività per la gestione di
"tutti gli imballaggi immessi nel territorio nazionale e di tutti i rifiuti di imballaggio derivanti dal loro impiego, utilizzati o prodotti dalle industrie, esercizi commerciali, uffici, negozi, servizi, nuclei domestici, a qualsiasi altro livello, qualsiasi siano i materiali che li compongono"

(<u>principio della responsabilità condivisa</u>)

le attività di gestione dei rifiuti di imballaggio sono:
- la raccolta
- il trasporto
- il recupero
- lo smaltimento

↳ esse rappresentano un esempio di "riverse logistics" ovvero logistica di ritorno

gli obiettivi della attività di recupero sono:

- riutilizzo dell'imballaggio per più cicli di impiego durante il ciclo di vita
- riciclaggio dei rifiuti di imballaggio
- recupero di energia per incenerimento dei rifiuti

l'unione europea ha stabilito che la percentuale di rifiuti di imballaggio avviati al recupero rispetto al totale immesso al consumo deve essere almeno il 50% per ognuno dei 6 principali materiali di imballaggio

il CONAI è l'organismo a struttura privatistica per il coordinamento e la gestione dei rifiuti di imballaggio

ANALISI DI UN CASO AZIENDALE

progetto di imballi innovativi per il confezionamento automatico di pasta alimentare in ambito ECR

ECR (Efficient Consumer Response): approccio concordato tra aziende della distribuzione e aziende della produzione per raggiungere obiettivi comuni offrendo la migliore risposta alle esigenze dei consumatori

una grande azienda di distribuzione ha tra i suoi clienti un pastificio

- situazione attuale:

  la pasta arriva ai grossi centri distributivi confezionata in scatoloni pallettizzati e gli addetti dopo aver trasportato i pallet fino alla scaffalatura espositiva e aperto gli scatoloni devono depositare sullo scaffale le singole confezioni
  (perdita di tempo + disordine)

- obiettivo:

  velocizzare le attività di allestimento a scaffale dei prodotti presso i propri punti vendita, progettando un nuovo imballo per la pasta in modo che basti trasformare gli scatoloni espositori, direttamente collocabili sugli scaffali

i principali fattori che vincolano lo studio dell'imballo secondario sono:

A) richieste da parte del cliente/distribuzione:

- isomodularità (la base di cartone deve essere sottomultiplo del pallet intero)
- facing (corrisponde al metro lineare messo a disposizione per quel prodotto sullo scaffale)
- allestimento multiplo (almeno 2 vassoi devono essere collocabili in profondità sulla scaffalatura per assicurarne una scorta minima e pronta)
- rotazione dei prodotti
- massimizzazione della visibilità del prodotto
- disposizione verticale dei sacchetti

B) richieste del fornitore dei cartoni
vincoli dimensionali

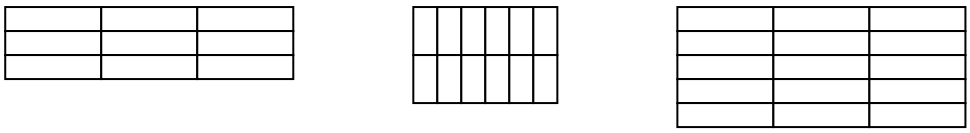
C) richieste del fornitore degli impianti automatici di packaging

D) normativa alla sicurezza dei carichi

E) smaltimento rifiuti

F) vincoli interni della ditta produttrice

in un primo tempo sono state proposte 3 soluzioni di imballo secondario:



TIPO 1
12 confezioni

TIPO 2
12 confezioni

TIPO 3
15 confezioni

individuata nella soluzione TIPO 3 la soluzione dimensionale ottimale, si passa al progetto del vassoio espositivo

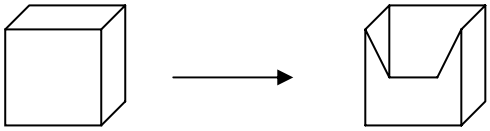
soluzioni:

1) <u>cartone americano fustellato</u>: cartone americano con tagli tratteggiati in modo che l'operatore debba semplicemente strappare il cartone per toglierne il coperchio e collocarlo direttamente nello scaffale

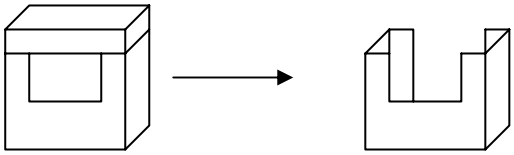
2) <u>bliss box</u>: contenitore formato da due parti: una base ad U riempita di prodotti che permette di avere 2 facciate scoperte ed il coperchio

3) <u>twin box</u>: cartone americano pre-tagliato; nel punto vendita la parte superiore del cartone viene sfilata verso l'alto e il prodotto è disponibile sulla base inferiore che fungerà da vassoio espositore per essere inserito sugli scaffali

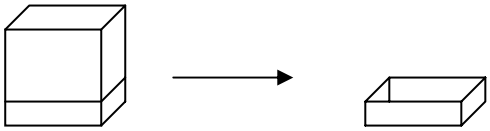
4) <u>wrap around</u>: fustellato steso che viene formato avvolgendosi attorno ad un certo numero di pacchetti di pasta predisposti verticalmente



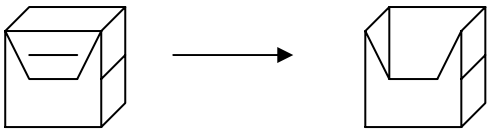
cartone americano fustellato



bliss box



twin box



wrap around

le quattro alternative presentano i seguenti vantaggi (+) e svantaggi (-)

cartone	fattori					
	resistenza	risparmio cartone	protezione prodotto	gestione codici	fornitore cartone	impianto packaging
americano fustellato	-					
bliss box	+	+ +	- -	- -	+	
twin box	+	- -		- -	- -	+
wrap around	- -					

<u>cartone americano fustellato</u>

vantaggi:
- cartoni di partenza in un unico pezzo, un solo codice da gestire quindi in produzione
- facile manovrabilità in fase di smaltimento
- chiusura facile del cartone una volta svuotato

svantaggi:
- necessità di una fustellatura che influisce negativamente sulla resistenza del cartone
- elevato consumo di cartone

<u>bliss box</u>

vantaggi:
- risparmio di cartone
- immediata visibilità del prodotto
- più elevata resistenza alla compressione verticale

svantaggi:

- gestione di due codici per il cartone
- prodotto esposto alla polvere e agli urti
- 2 pezzi 2 bancali

<u>twin box</u>:

vantaggi:

- chiusura facile del cartone una volta svuotato
- applicabilità in qualunque linea esistente con carico dall'alto
- cartoni di partenza in unico pezzo quindi un solo codice da gestire
- più elevata resistenza alla compressione verticale rispetto ad un uguale cartone fustellato

svantaggi:

- maggiore consumo di cartone
- difficoltà costruttive

<u>wrap around</u>

vantaggi:

- un unico foglio tagliato, quindi unico codice da gestire in produzione
- limitato il gioco interno fra confezione e cartone
- il prodotto risulta chiuso e protetto

svantaggi:

- presenza della fustellatura
- limite del piazzamento in macchina
- elevata diminuzione della resistenza a compressione verticale

la soluzione Bliss Box risulta indubbiamente la più vantaggiosa a fronte del maggior risparmio ottenuto, mentre la Twin Box, dovendo rialzare il perimetro di base di 5 cm per fare il vassoio, implica un consumo enorme di cartone, superiore anche al fustellato

⇨ nell'ambito dell'ottimizzazione degli imballaggi esiste un opportuno programma commerciale, TOPS (anche MAXLOAD)

IMPATTO DEL LAYOUT SULLE SCELTE LOGISTICHE

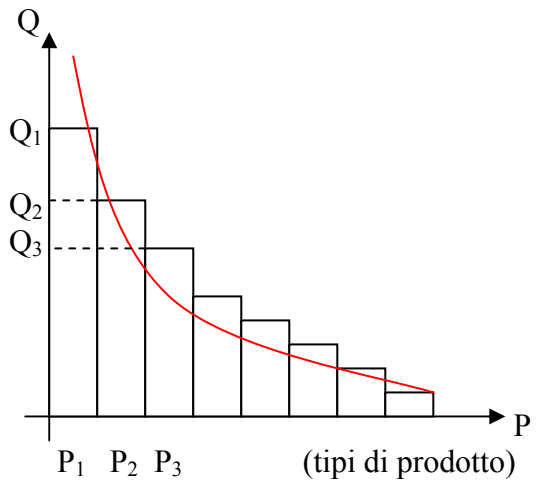
La disposizione planimetrica o layout delle macchine e delle attrezzature costituenti l'impianto tecnologico principale dipende innanzitutto dal tipo di prodotto (e quindi di processo da eseguire) e dal numero di prodotti da realizzare nell'unità di tempo (o potenzialità produttiva)

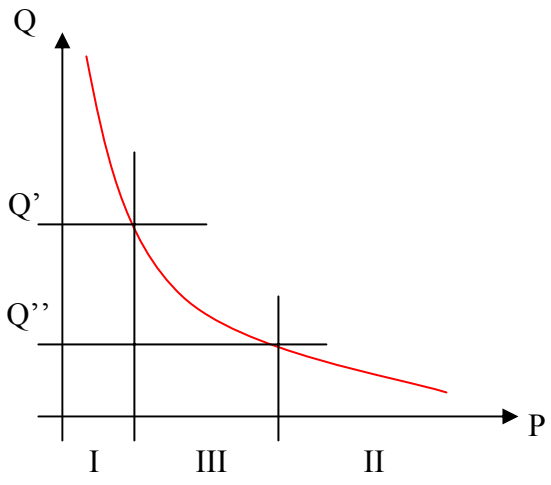
La scelta e la tipologia dei mezzi logistici per la movimentazione dei materiali dall'inizio alla fine del processo produttivo dipendono a loro volta, oltre che dalle caratteristiche fisiche e dimensionali delle materie prime, dai materiali in lavorazione e dai prodotti finiti, dalle caratteristiche del layout

ANALISI DEI PRODOTTI E DELLE QUANTITA'

Per procedere allo studio del layout generale di un sistema di produzione è necessario innanzitutto raccogliere informazioni sulla gamma dei prodotti P_k (k = 1, 2, … , n) e sulle rispettive potenzialità Q_k (unità/anno)

si realizza un diagramma P-Q in cui i prodotti P_k sono rappresentati sull'asse delle ascisse per potenzialità decrescente





I prodotti che ricadono nella **zona I** sono eseguiti in grande quantità, quindi favoriscono i metodi di produzione di massa attraverso linee di produzione dedicate: si ottengono pertanto disposizioni di *layout per prodotto* nelle quali la collocazione delle macchine e dei mezzi produttivi rispecchia la successione delle operazioni del ciclo tecnologico del prodotto

I prodotti che ricadono nella **zona II** sono eseguiti in piccole quantità, quindi per questi non è economicamente fattibile la costruzione di linee dedicate a ciascuno di essi.
Risultano quindi favoriti i metodi di produzione per reparti di lavorazioni omogenee o a punto fisso, si ottengono in questo caso:

a) *layout per processo*: le lavorazioni vengono eseguite in reparti caratterizzati da lavorazioni omogenee
b) *layout a posizione fissa*: il prodotto rimane fermo al centro del layout e sono gli operatori ed i mezzi operativi che si muovono intorno ad esso, facendo confluire i componenti e le parti necessarie (tipico per prodotti molto voluminosi o pesanti)

Nelle **<u>zona centrale III</u>** si ha una numerosità intermedia della gamma produttiva con corrispondenti valori intermedi di potenzialità. La risposta tradizionale è la *configurazione mista del layout* ove vengono collocate linee produttive per i pochi prodotti a potenzialità più elevata o addirittura piccole linee che realizzano una parte del processo produttivo comune all'intera gamma, all'interno di un layout per reparti

La risposta innovativa è quella di ricorrere all'aggregazione di più prodotti simili in famiglie; così la numerosità della famiglia diventa tale da giustificare una linea dedicata alla famiglia di prodotti con ottenimento del così detto *layout per famiglia di prodotti* (*Group Technology* o tecnologia per famiglie). Necessariamente la linea deve essere flessibile in quanto lavora prodotti simili ma non uguali

L'analisi Prodotto – Quantità porta alla individuazione delle seguenti tipologie di layout:

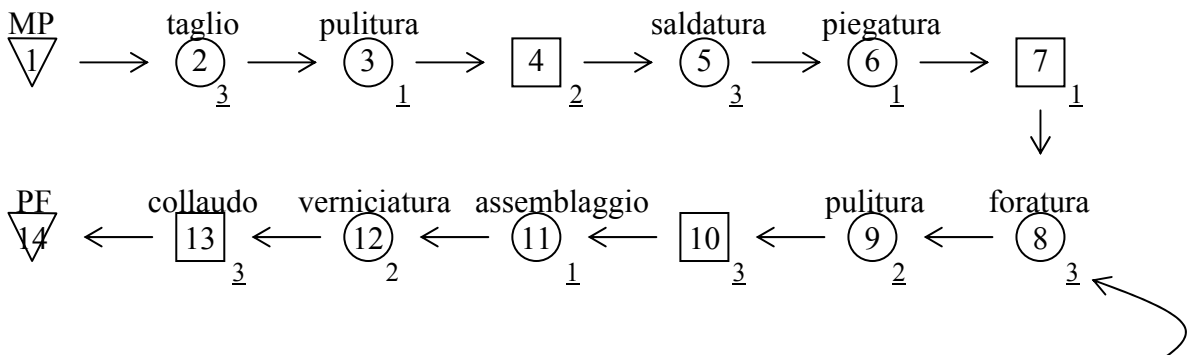
1) per Q > Q' layout per prodotto
2) per Q < Q' layout per processo o a posizione fissa
3) per Q' > Q > Q'' layout misto o secondo la metodologia Group Technology

1) LAYOUT PER PRODOTTO

<u>ciclo tecnologico</u>

simboli ASME (American Society of Mechanical Engeneers)

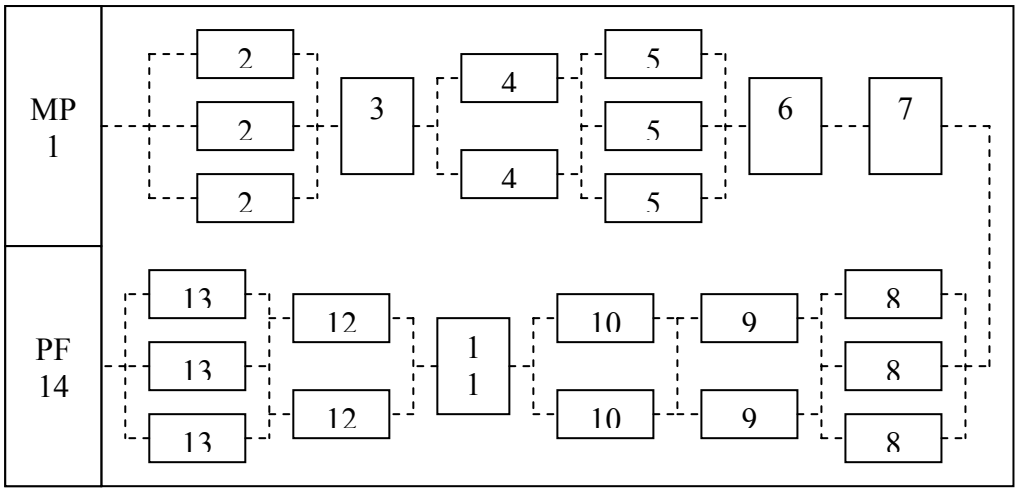
▽	magazzino	⊃	delay (attesa)
○	fasi di lavoro	⇨	trasporto
□	controllo		



in base alla potenzialità Q (quantità immessa nel ciclo) si calcolano il numero di macchine necessarie per ogni fase (numero attrezzature produttive)
(in generale le macchine per le diverse fasi hanno potenzialità diverse)

successivamente stabilisco quanto spazio occupano le macchine e quali aree di lavoro richiedono

quindi viene stabilito il layout di prodotto:



Si ha un'elevata produzione di poche varietà di prodotti che si muovono velocemente in linee di produzione dedicate: è giustificata conseguentemente l'adozione di attrezzature logistiche speciali e sistemi di trasporto ad elevato grado di automazione anche rigida

2) LAYOUT PER PROCESSO

produzione di k prodotti $k = 1, 2, \dots, n \quad n > 30$
con potenzialità Q_i $Q_1 \geq Q_2 \geq Q_3 \geq \dots \geq Q_n$

lavorazioni presenti nei cicli tecnologici dei prodotti
(se ci sono lavorazioni eseguite più volte le inserisco una sola volta)

4) MP magazzino
5) piegatura
6) taglio
7) saldatura
8) foratura
9) pulitura
10) assemblaggio
11) verniciatura

} prodotto 1

12) collaudo
13) tornitura
14) fresatura

} prodotto 2

15) …

elenco che comprende tutte le lavorazioni necessarie per produrre i k prodotti
↓
ad ognuna di queste fasi si fa corrispondere un reparto (area dedicata a lavorazioni omogenee)

in base a quanti dei k prodotti passano per un dato reparto, calcolo il numero di macchine necessarie a quel reparto e successivamente l'area del reparto

il questa logica è il prodotto che va a cercare il reparto in cui necessita essere lavorato

<table>
<tr><td rowspan="2">MP
1</td><td>taglio</td><td>piegatura</td><td>tornitura</td><td>saldatura</td></tr>
<tr><td rowspan="3">assemb
laggio</td><td>foratura</td><td>raggi x</td><td rowspan="2">tratta
menti
termici</td></tr>
<tr><td rowspan="2">PF
14</td><td colspan="2">fresatura</td></tr>
<tr><td>collaudo</td><td>pulitura</td><td colspan="2">verniciatura</td></tr>
</table>

- la disposizione dei reparti non è dedicata ad un particolare prodotto
- la numerosità dei prodotti realizzati in piccole quantità ci costringe a fare una produzione intermittente

<u>foglio origine-destinazione</u>
descrive il flusso complessivo di prodotti tra coppie di reparti

FROM-TO CHART

TO / FROM	1	2	3	4	5	6	7	8
1 piegatura		1	5	7	3	2	6	0
2 taglio								
3 saldatura								
4 foratura								
5 pulitura								
6								
7								
8								

numero di carrelli al giorno dal reparto 8 al reparto 1 (oppure volumi)

Si ha una piccola produzione di molte varietà di prodotti che si muovono lentamente da un reparto all'altro; si richiede un elevato intervento della manodopera, e vi è necessità di macchine e attrezzature produttive di tipo universale ad elevata flessibilità; i sistemi di trasporto ed i mezzi logistici devono essere molto flessibili e possono essere di tipo tradizionale di costo contenuto (come i carrelli elevatori), ma non interagibili tramite l'automazione con il resto della fabbrica, o di tipo innovativo di costo elevato (come i carrelli AGV) ma interagibili in un sistema automatico di trasporto flessibile

3) LAYOUT MISTO

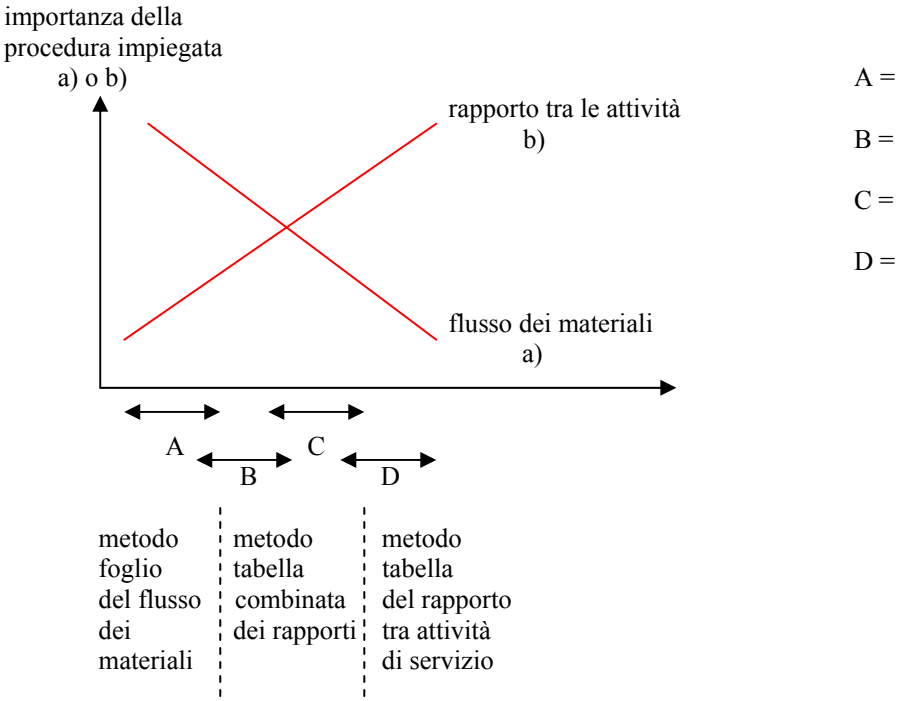
E' una situazione se possibile da evitare. Le difficoltà strutturali ed operative conseguenti alla compresenza di linee e di reparti di produzione si ripercuotono sul sistema logistico che richiederà mezzi non omogenei e quindi non potrà essere gestito in maniera unitaria

STUDIO E PROGETTAZIONE DEL LAYOUT

Gli elementi guida nello studio e nella progettazione di un layout sono essenzialmente:

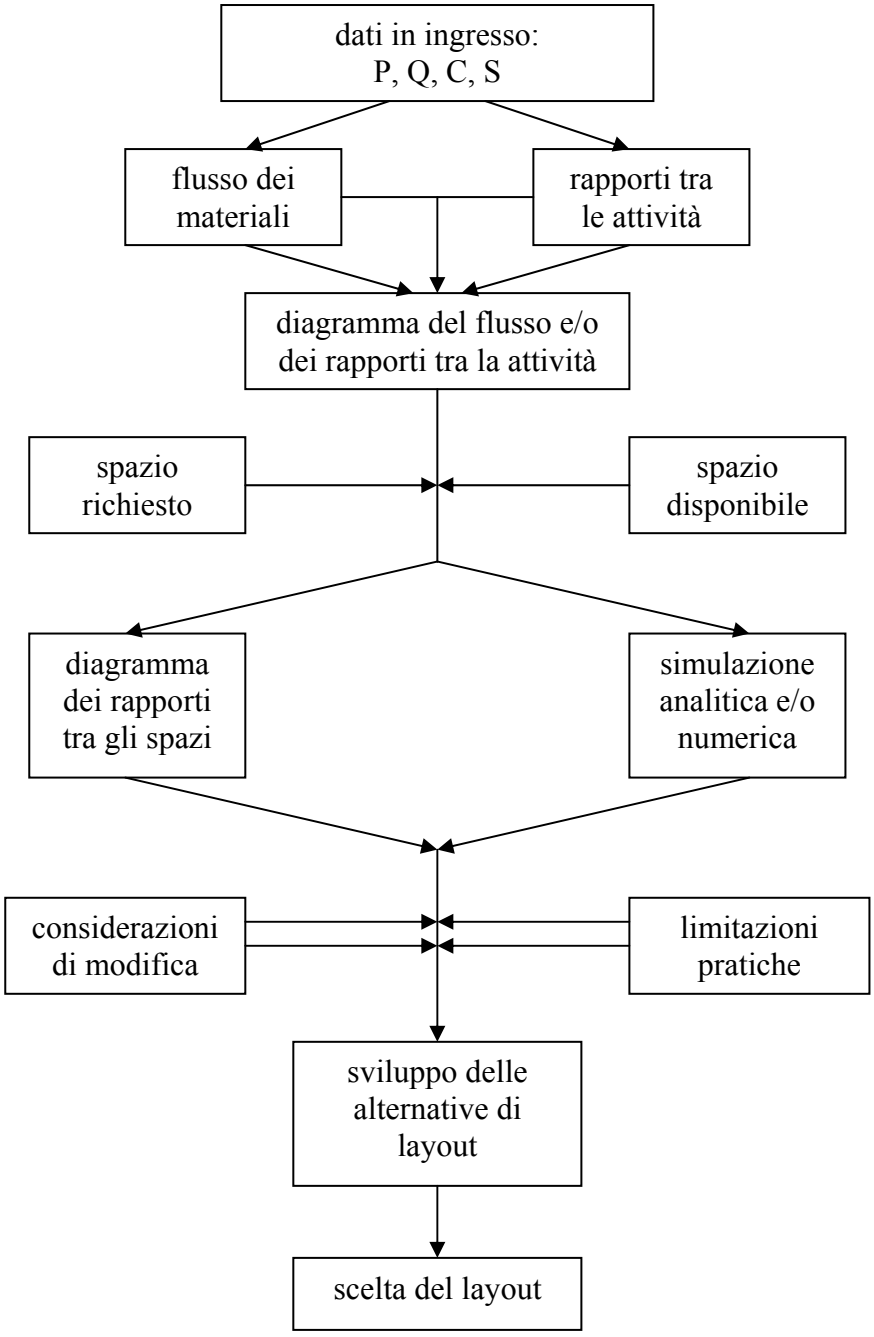
a) il flusso dei materiali e i rapporti tra le attività di produzione
b) i rapporti fra le attività di servizio
c) i rapporti bilaterali tra le attività di produzione e di servizio

a seconda della prevalenza di importanza di questi 3 elementi all'interno di un'azienda, si possono individuare altrettanti metodi per progettare il layout



In questa pagina è rappresentata la procedura per la progettazione del layout generale di un sistema produttivo

P indica il prodotto
Q indica la potenzialità del prodotto
C indica il ciclo tecnologico
S indica l'insieme degli impianti di servizio



a) L'analisi del flusso dei materiali viene eseguita ricorrendo a strumenti diversi a seconda della zona interessata nel diagramma P-Q

- Nella zona I si utilizza il foglio del processo produttivo e si perviene alla stesura del diagramma di lavorazione, che rappresenta con simbologia unificata il flusso dei materiali da una fase alla successiva del ciclo tecnologico di ciascun prodotto

  trattandosi di layout per prodotto con produzione in linea, la disposizione delle macchine e attrezzature produttive segue fedelmente il diagramma di lavorazione

  i mezzi logistici possono essere di tipo continuo ad alta potenzialità di trasporto e a guida automatica

- Nella zona II (layout per processo) si utilizza il foglio origine – destinazione che permette di evidenziare i flussi bidirezionali di materiali fra due reparti e di pervenire alla stesura del diagramma dei rapporti fra reparti, privilegiando la vicinanza dei reparti interessati da forti scambi di materiali

  calcolando in funzione della potenzialità Q_k del mix di prodotti il numero di macchine da assegnare ad ogni reparto di lavorazione o di assemblaggio e quindi l'area da assegnare ad ogni reparto, è possibile dedurre dal diagramma dei rapporti fra i reparti la disposizione planimetrica
  tale primo layout può essere ottimizzato con programmi di calcolo (CRAFT)

  il flusso dei materiali può essere misurato, quando possibile, con unità convenzionali note (Kg/h, m^3/h, ecc.)
  spesso però il flusso dei materiali non è esprimibile con una unità di misura omogenea dall'inizio alla fine del processo: si ricorre allora all'uso di una quantità di misura speciale detta MAG, che dà la misura della trasportabilità di un qualunque oggetto materiale in funzione del suo volume, della densità, della forma, delle condizioni della superficie, del rischio di danneggiamento, del valore economico

- Nella zona III (layout misto) si possono utilizzare alternativamente i metodi sopradelineati per la zona I e II a seconda che si tratti di delineare il layout per linee o per reparti

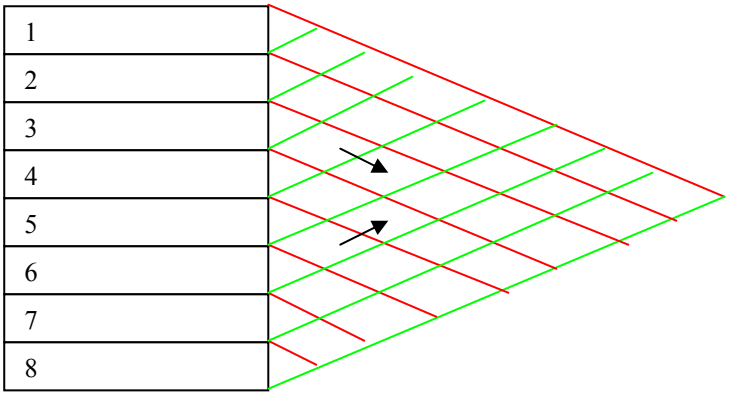
b) L'analisi dei rapporti tra le attività di servizio viene seguita con l'ausilio della tabella delle relazioni fra le attività di servizio: consente di ottenere, sulla base dei giudizi di vicinanza, un diagramma fra le attività di servizio, nel quale risultano più vicine le attività caratterizzate da più forti relazioni di scambio

  ↳ i mezzi logistici devono essere molto flessibili e possono essere di tipo tradizionale o di tipo innovativo

RELATIONSHIP CHART (tabella delle relazioni)

nella tabella delle relazioni, il giudizio di vicinanza sostituisce il flusso dei materiali ed essendo un giudizio è soggettivo

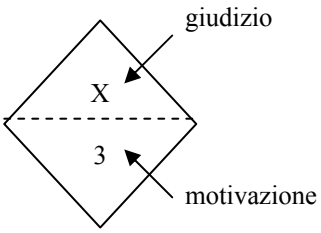
attività importanti



ogni coppia di attività di servizio individua un rombo all'interno del quale va inserito un commento:

A	absolutely	→	assolutamente importante che le 2 attività stiamo vicine
E	extremely	→	estremamente importante …
I	very important	→	molto importante …
O	ordinary importance	→	ordinaria importanza …
U	unimportant	→	non è importante …
X	indesiderabile	→	è indesiderabile che…

insieme al commento va inserito anche un numero che corrisponde ad una spiegazione a fine pagina che motivi il giudizio



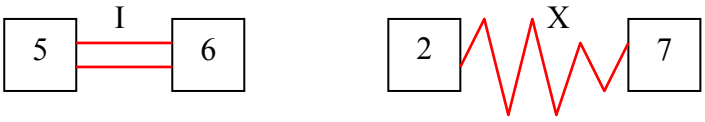
legenda

N	MOTIVAZIONI
1_	Rumore
2_	Uso gli stessi strumenti
…	

ai posti centrali della tabella delle relazione conviene mettere le attività più importanti in quanto sono quelle con le maggiori relazioni

nel momento in cui poi si va a visualizzare il layout i commenti vanno rappresentati in un certo modo:

A	si indica con 4 linee
E	si indica con 3 linee
I	si indica con 2 linee
O	si indica con 1 linea
U	si indica senza linee
X	si indica con una linea a zig-zag



identificazione delle attività:

simbolo	colore	tipo di attività, aree e attrezzature
○	rosso	operazione (montaggio e premontaggio)
○	verde	
⌂	blu	servizi (aree di manutenzione, servizi personale)
⇧	marrone	edifici ed aree adibite

codice dell'importanza dei collegamenti:

c) L'analisi delle relazioni combinate fra le attività di produzione e di servizio viene eseguita con l'ausilio della tabella combinata delle relazioni, nella quale tuttavia sono elencate tutte le attività sia di sevizio sia di produzione

Sono disponibili programmi di calcolo per la pianificazione automatica e l'ottimizzazione del layout a partire dal foglio di origine – destinazione

TABELLA DEI RAPPORTI COMBINATA

questa tabella consiste nell'unione della relationship chart e della tabella dei flussi materiali

→ avendo la tabella dei flussi materiali dei valori numerici, bisogna ridurre tutti i valori a un livello qualitativo
ciò si ottiene sommando i flussi bidirezionale e applicando un certo criterio di conversione

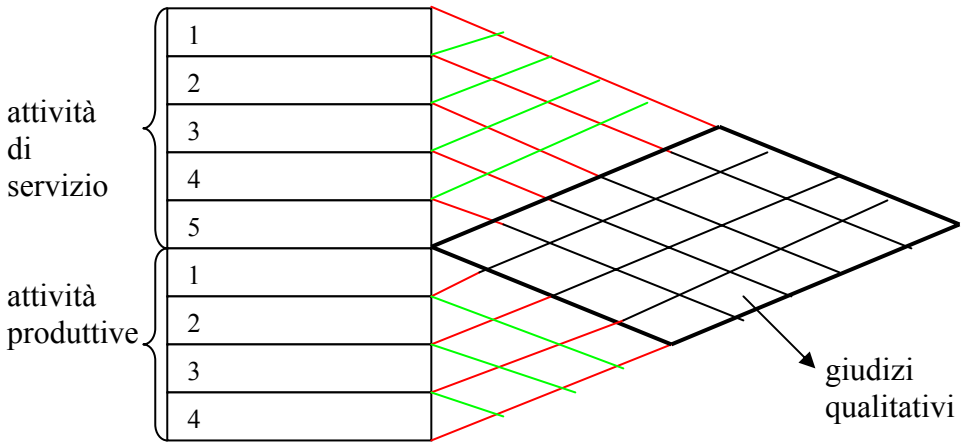
numero → giudizio

es.

801 → 1000 = A

601 → 800 = E

…



le attività di servizio offrono i loro servizi non a tutte le attività produttive ma solo a certe

si usa il simbolo A per indicare le attività che usufruiscono del servizio
mentre non si usa simboli per le altre

SLP Sistematic Layout Program

principali modellizzazioni del problema:

$$\Phi = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_{ij} - \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sum_{K=1}^{n} \sum_{l=1}^{n} f_{ik} c_{jl} x_{ij} x_{kl}$$

vincoli:

$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1$	i = 1, 2, … , n	l'impianto i può occupare una posizione sola
$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1$	j = 1, 2, … , n	una posizione può essere occupata da un solo impianto
$x_{ij} \in \{0,1\}$	j, i = 1, 2, … , n	

gli algoritmi impiegati della determinazione del layout possono essere di due tipi:

1) algoritmi costruttivi: algoritmi che costruiscono la soluzione per passi successivi

2) algoritmi migliorativi: algoritmi di ricerca locale che a partire da una soluzione esistente cercano di migliorarla

CRAFT Computer Relative Allocation of Facilities Techniquest

algoritmo migliorativo: dato un layout di partenza sceglie tra tutti i cambiamenti leciti (reparti adiacenti o di medesima area) a due a due di reparti il migliore e lo esegue

l'algoritmo quando stima i cambiamenti ipotizza di scambiar i baricentri: quando poi il cambiamento viene effettuato, se i reparti scambiati hanno aree diverse, i baricentri si spostano, quindi il costo reale diviene diverso da quello stimato

LA FLOW VALUE ANALYSIS (FVA)

il metodo FVA è impiegato per:

- una stima dell'efficienza del flusso dei materiali all'interno del sistema produttivo
- eliminare tutte le operazioni che non aggiungono valore al prodotto

- la valutazione avviene calcolando un indice I_{FVA} come rapporto tra il tempo netto di fabbricazione T_{ciclo} di una unità di prodotto ed il tempo totale di attraversamento o "lead time di produzione", espresso come la somma di tutti i tempi riscontrati nell'attraversamento del sistema produttivo

$$I_{FVA} = \frac{T_{CICLO}}{T_{CICLO} + T_{ATTESA} + T_{TRASPORTO} + \ldots}$$

talvolta i tempi elementari possono essere di ordini di grandezza diversi rendendo così non significativo il valore dell'indice

- valutazione alternativa attraverso la numerosità delle operazioni:

$$I_{FVA} = \frac{n^o operazioni_di_lavorazione}{n^o operazioni_totali}$$

ovviamente è auspicabile che il valore dell'indice sia il più possibile prossimo all'unità

il metodo è migliorativo nel senso che permette le valutazioni di eventuali interventi nella riorganizzazione del layout

LA GROUP TECHNOLOGY

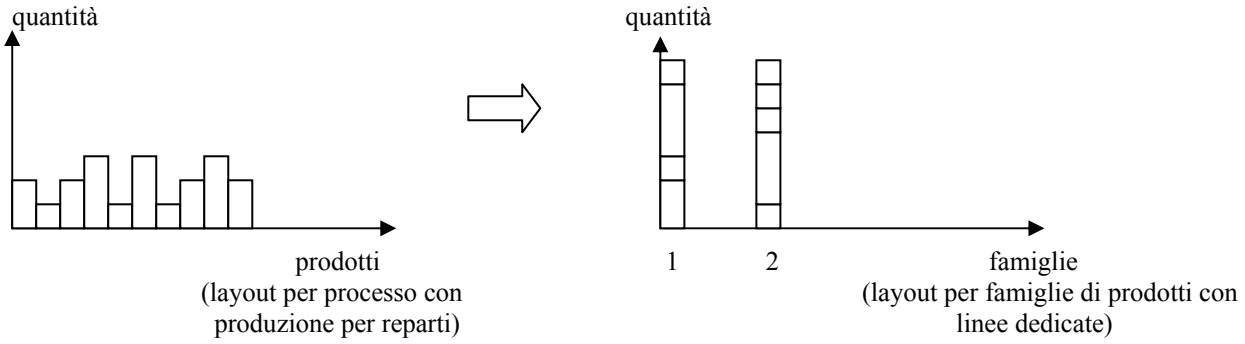
più del 50% di tutti gli articoli e particolari sono prodotti in quantità ridotte, vincolando le aziende a organizzarsi per reparti, che offrono vantaggi di flessibilità ma inducono complicazioni di gestione e lead time di produzione elevati

il progresso tecnologico dei mezzi produttivi permette oggi un'efficace risposta attraverso la Group Technology , il cui obiettivo è contemperare i vantaggi delle linee dedicate e delle organizzazioni flessibili

il principio ispiratore è il raggruppamento di prodotti simili dal punto di vista dimensionale e tecnologico in famiglie

in questo modo si possono ottenere valori di numerosità di pezzi della famiglia tali da rendere economicamente valida l'introduzione di una linea dedicata alla famiglia

tale linea dovrà essere in grado di lavorare tutta la popolazione di quel gruppo: dovrà quindi essere flessibile



nella fase di raggruppamento dei prodotti in gruppi si devono ricercare delle similarità sfruttando varie caratteristiche:

- attributi di processo (forma geometrica, dimensioni, …)
- attributi di fabbricazione (ciclo di produzione, attrezzature necessarie, …)

METODOLOGIE

1) ispezione visuale

consiste nella selezione delle famiglie sulla base dell'osservazione diretta dei prodotti, eventualmente dei loro progetti e/o prototipi

metodo adatto al riconoscimento di similitudini di progetto

2) classificazione delle parti

consiste nello classificare i prodotti e le loro parti secondo caratteristiche notevoli

forma esterna	dimensioni minori
forma interna	tolleranze richieste
rapporto L/D	finitura superficiale
pesi	funzione del pezzo
tipo di materiale	dimensioni maggiori
…	…

esempio di check list di attributi di processo

processo principale	utensili necessari
processo secondario	dimensioni del lotto
macchine richieste	produzione annuale
sequenza delle operaz.	attrezzature necessarie
tempi di produzione	etc

esempio di check list di attributi di fabbricazione

3) analisi del flusso produttivo

è il metodo più dispendioso e corrispondentemente più preciso e oggettivo

consiste nell'analizzare il flusso produttivo al fine di individuare dei gruppi di prodotti realizzabili con gli stessi mezzi produttivi

la procedura consiste in:

1) raccolta dei dati tramite "from-to-chart" e fogli operativi mono e multiprodotto
2) ordinamento dei cicli di produzione
3) costruzione delle carte PFA, che rappresentano la descrizione dei cicli dei vari prodotti
4) raggruppamento dele lavorazioni (clustering)

⇨ nella realtà industriale odierna le aziende sono portate dalla variabilità del mercato alla produzione di ampi mix di prodotti

↓

questo fattore contrasta con l'esigenza di raggruppare i particolari in famiglie
(se si sceglie di utilizzare la Group Technology)

si è chiamati quindi a ricercare compromessi tra queste esigenze attraverso attività di:

- razionalizzazione del progetto
- razionalizzazione del processo ovvero del ciclo tecnologico
- aggiornamento, semplificazione della gamma produttiva

attività di razionalizzazione del progetto

essa consiste nella razionalizzazione, standardizzazione e modularizzazione dei progetti e dei disegni costruttivi, tendente alla riduzione del numero dei particolari e alla unificazione nell'ambito dei rimanenti

attività di razionalizzazione del ciclo tecnologico

razionalizzazione e standardizzazione dei cicli tecnologici, tendente ad elaborare un ciclo standard per ogni famiglia di pezzi con riferimento ad un pezzo caratteristico (facente parte della famiglia o virtuale) il cui ciclo tecnologico sia comprensivo di tutte le operazioni dei cicli di tutti gli altri pezzo della famiglia

a parità di sequenza operativa e di metodi di produzione, per i singoli pezzi da realizzare variano solo i dati numerici del ciclo e possono mancare al più alcune operazioni rispetto a quelle previste dal ciclo tecnologico del pezzo caratteristico

prodotto caratteristico: prodotto il cui ciclo produttivo comprende i cicli produttivi di altri prodotti

es. individuazione del prodotto caratteristico

prodotti

a = 11 operazioni

b = 12 operazioni

a) possiede 2 operazioni non comprese in b)

aggiungo a b) le 2 operazioni mancanti di a) e definisco b) prodotto caratteristico virtuale

FMS Flexible Manufactoring System

I sistemi FMS rappresentano tutt'oggi la risposta più soddisfacente per quanto riguarda la fabbricazione di ampi mix di prodotti in piccoli lotti

sono generalmente costituiti da celle di macchine operatrici a controllo numerico computerizzato servite da sistemi automatici di movimentazione dei pezzi e di movimentazione degli utensili in grado di eseguire una gamma di differenti operazioni su materie prime o semilavorati

tali celle di fabbricazioni sono dislocate in linea e sono servite da un sistema di movimentazione dei materiali, ad esempio un convogliatore o un sistema di carrelli automatici, sul quale si muove il mix produttivo; il trasferimento logistico dei vari pezzi da una cella all'altra ed il funzionamento delle celle medesime viene gestito attraverso una opportuna rete gerarchica di calcolatori

i principali vantaggi conseguiti all'introduzione di un FMS sono:

- massima flessibilità nel modificare l'output produttivo, per adeguare lo stesso il più rapidamente possibile alle richieste del mercato
- riduzione dei magazzini di reparto dei pezzi grezzi e semilavorati
- riduzione dei costi di manodopera diretta ed indiretta
- riduzione dei tempi di sosta del materiale in produzione
- riduzione di attrezzature, maschere e utensili
- ottimizzazione del carico macchina e del flusso produttivo
- riduzione dei tempi di produzione
- possibilità di lavorare su tre turni, eventualmente in maniera non presidiata
- riduzione dello spazio di layout occupato
- miglioramento della qualità, particolarmente in termini di costanza

E chiaro che la flessibilità si paga in termini di potenzialità produttiva e di costo di investimento

Relativamente al diagramma P-Q illustrato in precedenza, i sistemi FMS sono una risposta al problema della produzione relativamente alla zona III, mentre nella zona I (alte potenzialità e mix ridotto) il loro uso non è appropriato

ELEMENTI COSTITUTIVI DI UN SISTEMA FMS

in generale un sistema FMS è costituito da:

- macchine operatrici che realizzano le lavorazioni sui pezzi
- sistemi di alimentazione/scarico dei pezzi alle macchine e di movimentazione dei pezzi fra le macchine
- sistemi per la gestione degli utensili
- logiche di controllo per l'integrazione dei differenti dispositivi

MACCHINE OPERATRICI

Le macchine operatrici rappresentano il cuore del sistema, sono fondamentalmente riconducibili a 3 grandi famiglie di attrezzature:

1) macchine che eseguono *lavorazioni assial-simmetriche*: possono essere monomandrino o multimandrino
   - possiedono un magazzino utensili con elevato numero di vani (anche 100)
   - per applicazioni di piccole e medie dimensioni sono preferibili quelle ad asse orizzontale, per le grandi dimensioni quelle ad asse verticale

2) macchine per lavorazioni lungo le coordinate, detti *centri di lavorazione rettilinea*
   - sono deputate alla asportazione di materiale con moti relativi rettilinei
   - dispongono di un magazzino utensili multiplo
   - le ultime realizzazioni controllano fino a 12 assi in simultanea consentendo quindi lavorazioni anche molto complesse

3) macchine speciali
   con questo termine si fa riferimento a tutte quelle macchine non inquadrabili nelle due precedenti categorie

SISTEMI DI MOVIMENTAZIONE DEI PEZZI

All'interno di un sistema FMS i pezzi fluiscono in modo automatico:

per garantire questo flusso una rilevanza particolare è assunta dai sistemi di sostegno dei pezzi ovvero i pallet portapezzo e le attrezzature

i pallet possono avere una duplice funzione:

- sostenere ed ordinare i pezzi durante la fase di trasporto da una macchina all'altra (tipico dei centri di lavorazione assial-simmetrica)
- sostenere ed ordinare i pezzi sia nella fase di trasporto ma anche in quella di lavorazione in macchina (tipico dei centri di lavorazione lungo le coordinate)

il pallet può essere montato in macchina secondo concezioni alternative:

- *alimentazione a tavola pendolare*

  la tavola portapallet della macchina esegue un moto pendolare per portare sulle slitte di lavoro un pallet con pezzo grezzo

  in tempo mascherato (si lavora sulla tavola pendolare mentre la macchina esegue il ciclo) si provvede all'evacuazione del pezzo lavorato e alla sua sostituzione con un nuovo grezzo

- *alimentazione mediante shuttle*

  una navetta rotante a due posizioni scambia con la tavola della macchina il grezzo con il finito

- *alimentazione mediante robot caricatore*
  un robot si occupa dello scambio pallet (nei casi di centri di lavorazione assial-simmetrica)
- *alimentazione con magazzino locale a carosello*
  a bordo macchina è prevista una carosello che realizza uno stoccaggio di un certo numero di pallet: questo può permettere il lavoro non presidiato per un certo intervallo di tempo

- *alimentazione di linea*
  variante rispetto allo schema a carosello, prevede l'installazione dei centri di lavoro direttamente sulla linea di trasporto del materiale

tipologie strutturali di pallet → pallet universali
tipologie strutturali di pallet → pallet dedicati

pallet universale: può essere adeguato allo specifico pezzo con staffagli e attrezzature mobili
pallet dedicato: ottimizzato nella geometria per il pezzo per renderne più veloce l'impiego nella fase di bloccaggio/sbloccaggio

→ la scelta dipende da una valutazione economica principalmente legata alla numerosità dei lotti e delle lavorazioni

in questi ultimi anni il mercato tende lievemente a preferire le attrezzature dedicate o personalizzate

SISTEMI PER GESTIONE DEGLI UTENSILI

Le esigenze di automazione flessibile degli FMS impongono la sostituzione rapida e programmata degli utensili durante i cicli di lavoro

gli utensili sono contenuti in magazzini disposti all'interno della macchina operatrice (questi magazzini locali hanno in genere configurazione a catena o a rack)

gli schemi operativi di sostituzione dell'utensile sono numerosi ma tutti riconducibili all'uso di una navetta a doppia pinza che preleva dal magazzino l'utensile per la nuova lavorazione, si avvicina al mandrino ne scarica l'utensile in uso e monta quello per la lavorazione successiva

fra i sistemi di controllo di cui è equipaggiata una linea FMS rivestono grande importanza i sistemi di rilevamento dell'usura e della rottura degli utensili

LOGICHE DI CONTROLLO

Un sistema complesso come un FMS può funzionare correttamente solo se sostenuto da un adeguato sistema di gestione delle informazioni

la struttura modulare del sistema ha favorito la sviluppo di una rete di controllo a schema gerarchico tradizionalmente si individuano 4 livelli:

1) <u>controllo locale del mezzo produttivo</u>
   costituito da computer industriale o da PLC (Programmable Logic controller) è installato a bordo dei singoli mezzi produttivi e ne gestisce la funzionalità
   - gestione allarmi
   - settaggio utensili
   - diagnostica pezzo
   - controllo vita utensili
   - diagnostica macchina operatrice
   - elaborazione dati
   - part programs (istruzioni che corrispondono alle lavorazioni del ciclo tecnologico dei prodotti)
   - elaborazione report
   - identificazione pallet

2) <u>controllo di cella-sistema di alimentazione pezzi</u>
   costituito ancora da computer industriale o PLC, gestisce rispetto ai mezzi produttivi le risorse ausiliarie, quali:
   - mezzi di movimentazione pezzi
   - stazioni di carico-scarico
   - eventuali stazioni di lavaggio

3) DNC (Direct Numerical Control)
   il DNC rappresenta un sistema centralizzato per l'ottimizzazione della gestione in tempo reale del FMS

   il controllo DNC sovrintende tutto il funzionamento del sistema FMS, integrando il controllo delle varie isole, dei sistemi di movimentazione intra-isola di tutte le altre attività di linea

4) CIM
   il livello gerarchico più elevato è rappresentato dal CIM (Computer integrated Manufacturing):
   esso prevede la completa integrazione del FMS e del relativo DNC con il sistema informativo aziendale
   in particolare il DNC può essere collegato con un host-computer di livello più elevato che gestisce a livello centralizzato le varie attività aziendali coordinate introno ad un unico Data Base

   a questo livello di automazione comincia a delinearsi nelle sue strutture fondamentali la fabbrica automatica

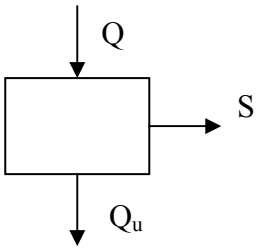
PRESTAZIONI DI SISTEMI FMS

E' particolarmente interessante riportare il confronto di prestazioni del FMS rispetto alle situazioni precedenti di lay-out per processo quindi di produzione per reparti (caso Toshiba)

	lay-out precedente	FMS
n° operatori	70	16
n° macchine	50	6
m^2 lay-out occupato	1550	350
tempo prod (gg)	18,6	4,2
resa di prod	95%	98%
operazioni per pezzo	15	8
utilizzazione macchine	20%	73%

Si può immediatamente notare un significativo miglioramento di tutti i parametri produttivi; occorre sottolineare che queste prestazioni sono ottenibili a fronte di un notevole impregno iniziale di risorse

- <u>resa di produzione</u>: percentuale di pezzi validi rispetto a i pezzi immessi in lavorazione



Q mezzi immessi in lavorazione
S scarti di lavorazione
p percentuale di scarti
Q_u pezzi prodotti

$$Q = Q_u + S$$
$$S = p\,Q$$
$$Q = Q_u + p \cdot Q$$
$$Q_u = Q - p \cdot Q = Q\,(1-p)$$

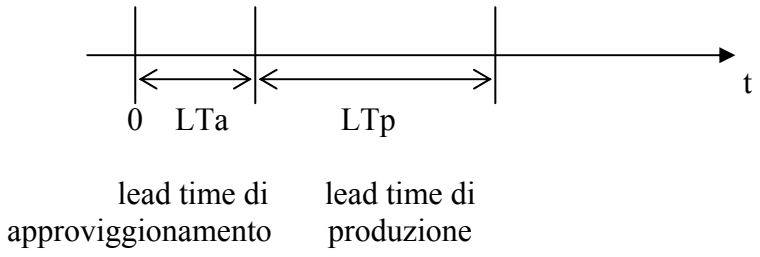
es. $p = 0{,}02$
$Q_u = Q\,(1 - 0{,}02) = Q \cdot 0{,}98$

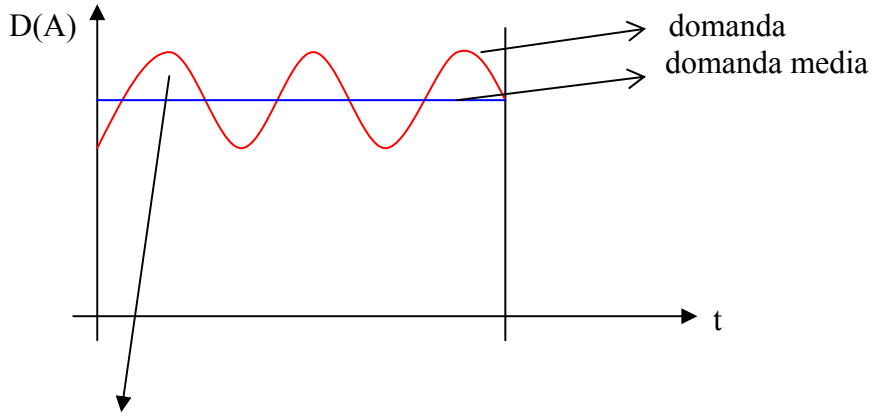
$C_S = Q_u / Q = 1 - p$ coefficiente di scarto

$Q = Q_u / C_S$ numero di pezzi Q da mettere in produzione per ottenere Q_u pezzi

- <u>tempi di produzione</u>

questo rappresenta uno dei più grandi vantaggi della logistica integrata (riduzione a un quarto del lead time di produzione)





bisogna gestire queste situazioni con il magazzino:
devo gestire su previsione perché il tempo concesso dal cliente spesso è più breve del lead time di produzione

⇨ con la logistica integrata, riducendo di molto i tempi di risposta, posso produrre solo su ordini (seguo esattamente la curva della domanda → max flessibilità)

PROGETTAZIONE DI UN SISTEMA FMS

La progettazione ed il corretto dimensionamento di un sistema FMS è fondamentale per la remunerazione dei notevoli investimenti necessari

nel corso del tempo si è andato consolidando un approccio basato su alcuni passi fondamentali:

- applicazione della Group Technology per la determinazione del mix di prodotti potenzialmente producibili mediante il sistema FMS
- calcolo delle risorse necessarie basato su modelli a valori medi, e relativa determinazione della configurazione planimetrica
- modellizzazione dinamica del sistema per la calibrazione dello stesso, in modo da correggere eventuali problemi di congestioni dovuti al comportamento dinamico del sistema
- valutazione economica della validità dell'iniziativa

APPLICAZIONE DELLA GROUP TECHNOLOGY

la flessibilità di un sistema FMS consente la realizzazione di mix molto ampi di prodotti richiesti in piccole quantità

l'obiettivo di questa indagine è quello di individuare un certo numero di famiglie di prodotti simili, realizzabili con lo stesso sistema flessibile di produzione, tali da rappresentare una numerosità di pezzi così elevata da saturare la capacità produttiva del sistema e rendere vantaggioso il costo al pezzo

CALCOLO DELLE RISORSE NECESSARIE E DISPOSIZIONE PLANIMETRICA

l'obiettivo di questa fase è il calcolo del numero di risorse necessarie per la realizzazione delle famiglie di prodotti individuate; in secondo luogo risulta necessario studiare il problema della disposizione planimetrica delle risorse determinate

per quanto riguarda il calcolo del numero di macchine di lavoro, si tratta di determinare il parco macchine necessarie per produrre le quantità Q_{ij} di pezzi di tipo j da realizzare sulla macchina di tipo i

$j = 1, 2, \dots, n$ mix di prodotti
$i = 1, 2, \dots, m$ macchine

Q_{ij} produzione di prodotti j richiesta sulla macchina i (pezzi/anno)
$N_l(i, j)$ numero previsto di lotti all'anno della parte j da lavorare sulla macchina i

$t(i, j)$ tempo teorico di ciclo della macchina i per produrre la parte j (ore/pezzo)

$1 / t(i, j)$ capacità produttiva (pezzi/ora)

$C_S(i, j)$ coefficiente di scarto della parte j lavorato sulla macchina i (pezzi buoni/pezzi prodotti)

$A(i)$ coefficiente di disponibilità della macchina i

$$A(i) = UT / (UT + DT)$$

UT Up Time: tempo in cui la macchina è in grado di eseguire la propria funzione
DT Down Time: tempo di fuori servizio dovuto a manutenzione, guasti, ecc.

C_u coefficiente di conduzione: tiene conto del rendimento dell'operatore, delle perdite di tempo per mancanza di motivazioni, condizioni di lavoro sfavorevoli, condizioni ambientali non gradite, ecc. (<1)

C_o coefficiente organizzativo, tiene conto della inefficienza organizzativa della produzione (<1)

H_d ore effettivamente rese disponibili all'anno per la lavorazione di tutte le parti j sulla macchina i

H(i) ore macchina all'anno relative ad ogni tipologia di macchina (ore/anno)

$$H(i) = \frac{\sum_{j=1}^{n} \{ [t(i, j) / C_S(i, j)] \cdot Q_{ij} + TPM(i, j) \cdot N_l(i, j) \}}{A(i) \cdot C_u \cdot C_o}$$

fabbisogno di tempo per fare tutti i prodotti sulla macchina i

$$Z(i) = H(i) / H_d$$

numero di macchine di tipo i-esimo necessarie

per quanto riguarda le altre risorse (magazzino, stazioni carico-scarico, ecc.) si tratta di scelte strettamente legate al caso reale, da valutare di volta in volta

Il progetto del sistema di trasporto è strettamente legato alla disposizione planimetrica delle attrezzature di lavoro

differenti sono le modalità con cui si possono disporre le celle di lavoro (fig. pag 106):

- *disposizione random*:
  adatto per basse numerosità di macchine (3, 4) in genere porta a linee di movimentazione dei pezzi lunghe e tortuose
- *disposizione funzionale*:
  le macchine sono raggruppate per funzione, in pratica è l'automazione del concetto del job-shop
- *disposizione modulare*:
  i mezzi sono strutturali in celle di lavoro (di solito uguali) impiegate in parallelo (consente l'espansione modulare)
- *disposizione cellulare*:
  è la disposizione che meglio si adatta al concetto di Group Technology, ciascuna cellula elementare contiene una o un gruppo di macchine particolarmente dedicata alla realizzazione di una famiglia

Per ciascuna di queste disposizioni il flusso dei materiali è legato alla posizione reciproca delle macchine:

<u>approccio di Hollier</u>

il metodo prende le mosse dalla conoscenza del flusso dei materiali fra le macchine della cella, quindi dalla conoscenza delle From-To chart

sommando le quantità per riga e per colonna si ottengono rispettivamente il numero di pezzi uscenti dalla macchina in esame ed il numero di pezzi entranti nella macchina in esame:
quindi per ciascuna macchina è possibile calcolare il rapporto Da/A

→ l'ordine delle macchine può essere stabilito per valori decrescenti di tale rapporto (si mettono prima le macchine a flusso prevalente uscente)

una volta determinata la disposizione delle attrezzature si può procedere alla scelta del sistema di trasporto (non ci sono metodologie generali)

MODELLIZZAZIONE DINAMICA DEL SISTEMA

Un FMS è un sistema molto complesso, governato da un numero molto elevato di variabili che hanno caratteristiche di dinamicità molto forte:
dopo aver effettuato il progetto di massima è assolutamente necessaria una valutazione del comportamento dinamico del sistema

↓

costruzione di modelli simulativi che permettono la verifica dei principali dimensionamenti effettuati alla luce dei transistori e delle congestioni del sistema

serve per:
- verificare se è raggiunto il livello produttivo richiesto dal mix
- controllare la saturazione di tutte le risorse
- correggere eventuali problemi introdotti dal fattore "tempo" sul sistema

VALUTAZIONE ECONOMICA DELL'INIZIATIVA

Alla fine di uno studio di carattere tecnico, vista l'entità delle risorse economiche in gioco, è assolutamente necessaria la valutazione economica dell'iniziativa

→ si tratta di costruire il piano iniziale di investimento e provvedere alla stima dei flussi di cassa annui alla luce dei dati ottenuti dal progetto

FMS Flexible Manufacturing System

I sistemi FMS rappresentano tutt'oggi la risposta più soddisfacente per quanto riguarda la fabbricazione di ampi mix di prodotti in piccoli lotti

sono generalmente costituiti da celle di macchine operatrici a controllo numerico computerizzato servite da sistemi automatici di movimentazione dei pezzi e di movimentazione degli utensili in grado di eseguire una gamma di differenti operazioni su materie prime o semilavorati

tali celle di fabbricazioni sono dislocate in linea e sono servite da un sistema di movimentazione dei materiali, ad esempio un convogliatore o un sistema di carrelli automatici, sul quale si muove il mix produttivo; il trasferimento logistico dei vari pezzi da una cella all'altra ed il funzionamento delle celle medesime viene gestito attraverso una opportuna rete gerarchica di calcolatori

i principali vantaggi conseguiti all'introduzione di un FMS sono:
massima flessibilità nel modificare l'output produttivo, per adeguare lo stesso il più rapidamente possibile alle richieste del mercato
riduzione dei magazzini di reparto dei pezzi grezzi e semilavorati
riduzione dei costi di manodopera diretta ed indiretta
riduzione dei tempi di sosta del materiale in produzione
riduzione di attrezzature, maschere e utensili
ottimizzazione del carico macchina e del flusso produttivo
riduzione dei tempi di produzione
possibilità di lavorare su tre turni, eventualmente in maniera non presidiata
riduzione dello spazio di layout occupato
miglioramento della qualità, particolarmente in termini di costanza

è chiaro che la flessibilità si paga in termini di potenzialità produttiva e di costo di investimento

Relativamente al diagramma P-Q illustrato in precedenza, i sistemi FMS sono una risposta al problema della produzione relativamente alla zona III, mentre nella zona I (alte potenzialità e mix ridotto) il loro uso non è appropriato

ELEMENTI COSTITUTIVI DI UN SISTEMA FMS

in generale un sistema FMS è costituito da:

- macchine operatrici che realizzano le lavorazioni sui pezzi
- sistemi di alimentazione/scarico dei pezzi alle macchine e di movimentazione dei pezzi fra le macchine
- sistemi per la gestione degli utensili
- logiche di controllo per l'integrazione dei differenti dispositivi

MACCHINE OPERATRICI

Le macchine operatrici rappresentano il cuore del sistema, sono fondamentalmente riconducibili a 3 grandi famiglie di attrezzature:

1) macchine che eseguono *lavorazioni assial-simmetriche*: possono essere monomandrino o multimandrino
   - possiedono un magazzino utensili con elevato numero di vani (anche 100)
   - per applicazioni di piccole e medie dimensioni sono preferibili quelle ad asse orizzontale, per le grandi dimensioni quelle ad asse verticale

2) macchine per lavorazioni lungo le coordinate, detti *centri di lavorazione rettilinea*
   - sono deputate alla asportazione di materiale con moti relativi rettilinei
   - dispongono di un magazzino utensili multiplo
   - le ultime realizzazioni controllano fino a 12 assi in simultanea consentendo quindi lavorazioni anche molto complesse

3) *macchine speciali*
   con questo termine si fa riferimento a tutte quelle macchine non inquadrabili nelle due precedenti categorie

SISTEMI DI MOVIMENTAZIONE DEI PEZZI

All'interno di un sistema FMS i pezzi fluiscono in modo automatico:
per garantire questo flusso una rilevanza particolare è assunta dai sistemi di sostegno dei pezzi ovvero i pallet portapezzo e le attrezzature

i pallet possono avere una duplice funzione:
- sostenere ed ordinare i pezzi durante la fase di trasporto da una macchina all'altra (tipico dei centri di lavorazione assial-simmetrica)
- sostenere ed ordinare i pezzi sia nella fase di trasporto ma anche in quella di lavorazione in macchina (tipico dei centri di lavorazione lungo le coordinate)

il pallet può essere montato in macchina secondo concezioni alternative:

- *alimentazione a tavola pendolare*
  la tavola portapallet della macchina esegue un moto pendolare per portare sulle slitte di lavoro un pallet con pezzo grezzo
  in tempo mascherato (si lavora sulla tavola pendolare mentre la macchina esegue il ciclo)
  si provvede all'evacuazione del pezzo lavorato e alla sua sostituzione con un nuovo grezzo

- *alimentazione mediante shuttle*
  una navetta rotante a due posizioni scambia con la tavola della macchina il grezzo con il finito

- *alimentazione mediante robot caricatore*
  un robot si occupa dello scambio pallet (nei casi di centri di lavorazione assial-simmetrica)

- *alimentazione con magazzino locale a carosello*
  a bordo macchina è prevista una carosello che realizza uno stoccaggio di un certo numero di pallet: questo può permettere il lavoro non presidiato per un certo intervallo di tempo

- *alimentazione di linea*
  variante rispetto allo schema a carosello, prevede l'installazione dei centri di lavoro direttamente sulla linea di trasporto del materiale

tipologie strutturali di pallet → pallet universali
tipologie strutturali di pallet → pallet dedicati

pallet universale: può essere adeguato allo specifico pezzo con staffagli e attrezzature mobili
pallet dedicato: ottimizzato nella geometria per il pezzo per renderne più veloce l'impiego nella fase di bloccaggio/sbloccaggio

→ la scelta dipende da una valutazione economica principalmente legata alla numerosità dei lotti e delle lavorazioni

in questi ultimi anni il mercato tende lievemente a preferire le attrezzature dedicate o personalizzate

SISTEMI PER GESTIONE DEGLI UTENSILI

Le esigenze di automazione flessibile degli FMS impongono la sostituzione rapida e programmata degli utensili durante i cicli di lavoro

gli utensili sono contenuti in magazzini disposti all'interno della macchina operatrice (questi magazzini locali hanno in genere configurazione a catena o a rack)

gli schemi operativi di sostituzione dell'utensile sono numerosi ma tutti riconducibili all'uso di una navetta a doppia pinza che preleva dal magazzino l'utensile per la nuova lavorazione, si avvicina al mandrino ne scarica l'utensile in uso e monta quello per la lavorazione successiva

fra i sistemi di controllo di cui è equipaggiata una linea FMS rivestono grande importanza i sistemi di rilevamento dell'usura e della rottura degli utensili

LOGICHE DI CONTROLLO

Un sistema complesso come un FMS può funzionare correttamente solo se sostenuto da un adeguato sistema di gestione delle informazioni

la struttura modulare del sistema ha favorito la sviluppo di una rete di controllo a schema gerarchico tradizionalmente si individuano 4 livelli:

1) <u>controllo locale del mezzo produttivo</u>
costituito da computer industriale o da PLC (Programmable Logic controller) è installato a bordo dei singoli mezzi produttivi e ne gestisce la funzionalità
- gestione allarmi
- settaggio utensili
- diagnostica pezzo
- controllo vita utensili
- diagnostica macchina operatrice
- elaborazione dati
- part programs (istruzioni che corrispondono alle lavorazioni del ciclo tecnologico dei prodotti)
- elaborazione report
- identificazione pallet

2) <u>controllo di cella-sistema di alimentazione pezzi</u>
costituito ancora da computer industriale o PLC, gestisce rispetto ai mezzi produttivi le risorse ausiliarie, quali:
- mezzi di movimentazione pezzi
- stazioni di carico-scarico
- eventuali stazioni di lavaggio

3) DNC (Direct Numerical Control)
il DNC rappresenta un sistema centralizzato per l'ottimizzazione della gestione in tempo reale del FMS

il controllo DNC sovrintende tutto il funzionamento del sistema FMS, integrando il controllo delle varie isole, dei sistemi di movimentazione intra-isola di tutte le altre attività di linea

4) CIM
il livello gerarchico più elevato è rappresentato dal CIM (Computer integrated Manufacturing):
esso prevede la completa integrazione del FMS e del relativo DNC con il sistema informativo aziendale
in particolare il DNC può essere collegato con un host-computer di livello più elevato che gestisce a livello centralizzato le varie attività aziendali coordinate introno ad un unico Data Base

a questo livello di automazione comincia a delinearsi nelle sue strutture fondamentali la fabbrica automatica

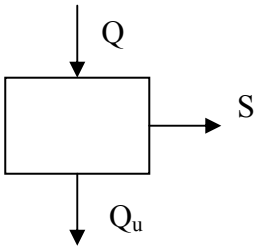
PRESTAZIONI DI SISTEMI FMS

E' particolarmente interessante riportare il confronto di prestazioni del FMS rispetto alle situazioni precedenti di lay-out per processo quindi di produzione per reparti (caso Toshiba)

	lay-out precedente	FMS
n° operatori	70	16
n° macchine	50	6
m^2 lay-out occupato	1550	350
tempo prod (gg)	18,6	4,2
resa di prod	95%	98%
operazioni per pezzo	15	8
utilizzazione macchine	20%	73%

Si può immediatamente notare un significativo miglioramento di tutti i parametri produttivi; occorre sottolineare che queste prestazioni sono ottenibili a fronte di un notevole impregno iniziale di risorse

- resa di produzione: percentuale di pezzi validi rispetto a i pezzi immessi in lavorazione



Q mezzi immessi in lavorazione
S scarti di lavorazione
p percentuale di scarti
Q_u pezzi prodotti

$$Q = Q_u + S$$
$$S = p\,Q$$
$$Q = Q_u + p \cdot Q$$
$$Q_u = Q - p \cdot Q = Q\,(1-p)$$

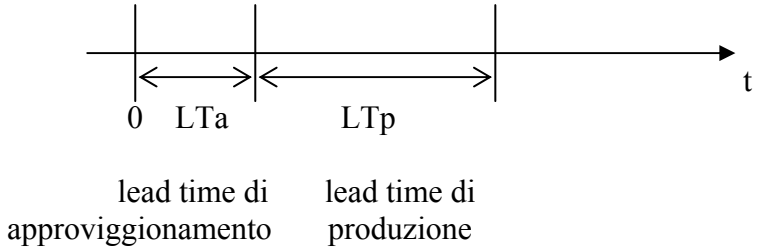
es. $p = 0{,}02$
$Q_u = Q\,(1 - 0{,}02) = Q \cdot 0{,}98$

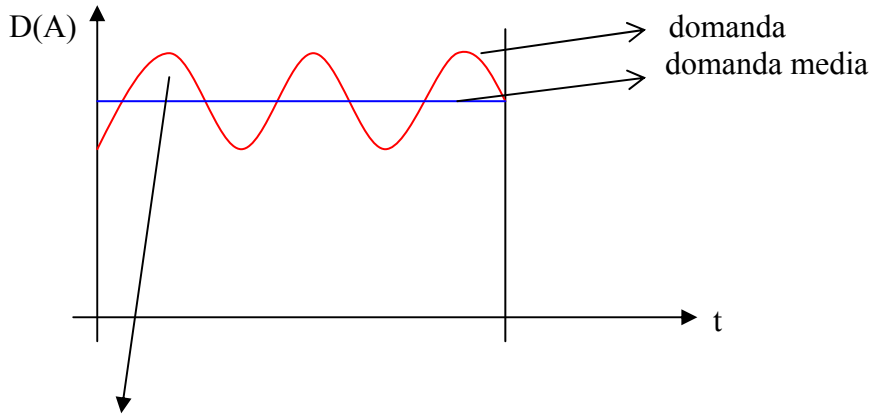
$$\boxed{C_S = Q_u / Q = 1 - p}$$ coefficiente di scarto

$$\boxed{Q = Q_u / C_S}$$ numero di pezzi Q da mettere in produzione per ottenere Q_u pezzi

- <u>tempi di produzione</u>

questo rappresenta uno dei più grandi vantaggi della logistica integrata (riduzione a un quarto del lead time di produzione)





bisogna gestire queste situazioni con il magazzino:
devo gestire su previsione perché il tempo concesso dal cliente spesso è più breve del lead time di produzione

⇨ con la logistica integrata, riducendo di molto i tempi di risposta, posso produrre solo su ordini (seguo esattamente la curva della domanda → max flessibilità)

<u>PROGETTAZIONE DI UN SISTEMA FMS</u>

La progettazione ed il corretto dimensionamento di un sistema FMS è fondamentale per la remunerazione dei notevoli investimenti necessari

nel corso del tempo si è andato consolidando un approccio basato su alcuni passi fondamentali:

- applicazione della Group Technology per la determinazione del mix di prodotti potenzialmente producibili mediante il sistema FMS
- calcolo delle risorse necessarie basato su modelli a valori medi, e relativa determinazione della configurazione planimetrica
- modellizzazione dinamica del sistema per la calibrazione dello stesso, in modo da correggere eventuali problemi di congestioni dovuti al comportamento dinamico del sistema
- valutazione economica della validità dell'iniziativa

APPLICAZIONE DELLA GROUP TECHNOLOGY

la flessibilità di un sistema FMS consente la realizzazione di mix molto ampi di prodotti richiesti in piccole quantità

l'obiettivo di questa indagine è quello di individuare un certo numero di famiglie di prodotti simili, realizzabili con lo stesso sistema flessibile di produzione, tali da rappresentare una numerosità di pezzi così elevata da saturare la capacità produttiva del sistema e rendere vantaggioso il costo al pezzo

CALCOLO DELLE RISORSE NECESSARIE E DISPOSIZIONE PLANIMETRICA

l'obiettivo di questa fase è il calcolo del numero di risorse necessarie per la realizzazione delle famiglie di prodotti individuate; in secondo luogo risulta necessario studiare il problema della disposizione planimetrica delle risorse determinate

per quanto riguarda il calcolo del numero di macchine di lavoro, si tratta di determinare il parco macchine necessarie per produrre le quantità Q_{ij} di pezzi di tipo j da realizzare sulla macchina di tipo i

$j = 1, 2, \dots, n$ mix di prodotti
$i = 1, 2, \dots, m$ macchine

Q_{ij} produzione di prodotti j richiesta sulla macchina i (pezzi/anno)
$N_l(i, j)$ numero previsto di lotti all'anno della parte j da lavorare sulla macchina i

$t(i, j)$ tempo teorico di ciclo della macchina i per produrre la parte j (ore/pezzo)

$1 / t(i, j)$ capacità produttiva (pezzi/ora)

$C_S(i, j)$ coefficiente di scarto della parte j lavorato sulla macchina i (pezzi buoni/pezzi prodotti)

$A(i)$ coefficiente di disponibilità della macchina i

$$A(i) = UT / (UT + DT)$$

UT Up Time: tempo in cui la macchina è in grado di eseguire la propria funzione
DT Down Time: tempo di fuori servizio dovuto a manutenzione, guasti, ecc.

C_u coefficiente di conduzione: tiene conto del rendimento dell'operatore, delle perdite di tempo per mancanza di motivazioni, condizioni di lavoro sfavorevoli, condizioni ambientali non gradite, ecc. (<1)
C_o coefficiente organizzativo, tiene conto della inefficienza organizzativa della produzione (<1)

H_d ore effettivamente rese disponibili all'anno per la lavorazione di tutte le parti j sulla macchina i
$H(i)$ ore macchina all'anno relative ad ogni tipologia di macchina (ore/anno)

$$H(i) = \frac{\sum_{j=1}^{n} \{ [t(i, j) / C_S(i, j)] \cdot Q_{ij} + TPM(i, j) \cdot N_l(i, j) \}}{A(i) \cdot C_u \cdot C_o}$$

fabbisogno di tempo per fare tutti i prodotti sulla macchina i

$$\boxed{Z(i) = H(i) / H_d}$$

numero di macchine di tipo i-esimo necessarie

per quanto riguarda le altre risorse (magazzino, stazioni carico-scarico, ecc.) si tratta di scelte strettamente legate al caso reale, da valutare di volta in volta

Il progetto del sistema di trasporto è strettamente legato alla disposizione planimetrica delle attrezzature di lavoro

differenti sono le modalità con cui si possono disporre le celle di lavoro (fig. pag 106):

- *disposizione random*:
  adatto per basse numerosità di macchine (3, 4) in genere porta a linee di movimentazione dei pezzi lunghe e tortuose
- *disposizione funzionale*:
  le macchine sono raggruppate per funzione, in pratica è l'automazione del concetto del job-shop
- *disposizione modulare*:
  i mezzi sono strutturali in celle di lavoro (di solito uguali) impiegate in parallelo (consente l'espansione modulare)
- *disposizione cellulare*:
  è la disposizione che meglio si adatta al concetto di Group Technology, ciascuna cellula elementare contiene una o un gruppo di macchine particolarmente dedicata alla realizzazione di una famiglia

Per ciascuna di queste disposizioni il flusso dei materiali è legato alla posizione reciproca delle macchine:

<u>approccio di Hollier</u>

il metodo prende le mosse dalla conoscenza del flusso dei materiali fra le macchine della cella, quindi dalla conoscenza delle From-To chart

sommando le quantità per riga e per colonna si ottengono rispettivamente il numero di pezzi uscenti dalla macchina in esame ed il numero di pezzi entranti nella macchina in esame:
quindi per ciascuna macchina è possibile calcolare il rapporto Da/A
→ l'ordine delle macchine può essere stabilito per valori decrescenti di tale rapporto (si mettono prima le macchine a flusso prevalente uscente)

una volta determinata la disposizione delle attrezzature si può procedere alla scelta del sistema di trasporto (non ci sono metodologie generali)

MODELLIZZAZIONE DINAMICA DEL SISTEMA

Un FMS è un sistema molto complesso, governato da un numero molto elevato di variabili che hanno caratteristiche di dinamicità molto forte:
dopo aver effettuato il progetto di massima è assolutamente necessaria una valutazione del comportamento dinamico del sistema

↓

costruzione di modelli simulativi che permettono la verifica dei principali dimensionamenti effettuati alla luce dei transistori e delle congestioni del sistema

serve per:

3) verificare se è raggiunto il livello produttivo richiesto dal mix
4) controllare la saturazione di tutte le risorse
5) correggere eventuali problemi introdotti dal fattore "tempo" sul sistema

VALUTAZIONE ECONOMICA DELL'INIZIATIVA

Alla fine di uno studio di carattere tecnico, vista l'entità delle risorse economiche in gioco, è assolutamente necessaria la valutazione economica dell'iniziativa

→ si tratta di costruire il piano iniziale di investimento e provvedere alla stima dei flussi di cassa annui alla luce dei dati ottenuti dal progetto

IL CODICE A BARRE (BAR CODE)

codice a barre:

- simbologia o alfabeto per la codifica di informazioni (in forma binaria) in un formato tale da poter essere acquisito automaticamente da opportuni lettori ottici

- sistema di trasmissione dell'informazione mediante sua memorizzazione in una figura ottica composta di alternanze di chiaroscuro organizzate come barre e spazi paralleli e di differente spessore

scopo del codice a barre:

permettere l'inoltro dell'informazione ad un sistema di elaborazione automatizzato, evitando il coinvolgimento dell'elemento umano causa di errori o rallentamenti

un sistema di identificazione basato su un codice a barre deve tenere conto di 4 caratteristiche fondamentali:
- attendibilità
- automazione
- precisione
- velocità

TERMINOLOGIA usata nel codice a barre

bar code	successione di elementi scuri (barre) ed elementi chiari (spazi) alternati
elemento	denominazione sia di uno spazio che di una barra
barra	elemento scuro di un codice
spazio	elemento chiaro tra due barre
simbolo di bar code	codice a barre completo, costituito da una zona chiara prima del codice, un carattere di start, uno o più caratteri contenenti l'informazione, un carattere di stop ed una ulteriore zona chiara
codice discreto	codice a barre in cui non tutti gli elementi sono significativi
codice continuo	sia le barre che gli spazi contengono informazione
codice numerico	codice a barre composto solo da numeri decimali
spazio intercarattere	spazio che separa 2 caratteri adiacenti
modulo	più piccolo spessore di un elemento in un codice
carattere	successione di barre e spazi che codifica una singola cifra decimale o carattere alfabetico o speciale
carattere start/stop	permette l'identificazione del tipo di codice e l'individuazione della direzione di lettura
zone di over-flow	gli spazi chiari immediatamente precedenti il carattere di start e seguente il carattere di stop
codice di self-checking	codice strutturato in maniera tale che da un conteggio delle barre e degli spazi letti si possa verificare l'esattezza del simbolo
rapporto di stampa	nei codici a due spessori è il rapporto tra lo spessore dell'elemento largo e quello dell'elemento stretto

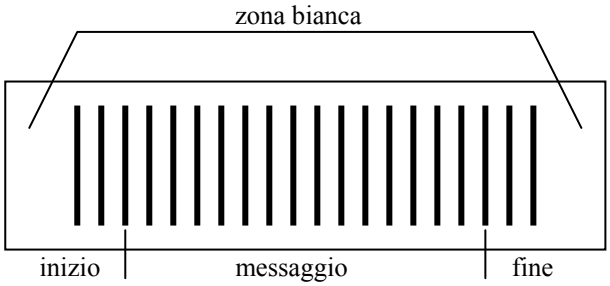
STRUTTURA DEL CODICE A BARRE

strutturalmente il codice a barre può essere composto da:

- zona bianca di inizio e fine

- sequenza di inizio e fine:
  sequenze di barre e spazi univocamente definite per ogni simbologia il cui scopo è permettere l'identificazione dell'inizio e della fine del codice

- sequenza del messaggio



per leggere il codice a barre occorre scandire lo stesso per tutta la sua larghezza:
- se è troppo basso, una scansione leggermente obliqua, soprattutto se effettuata a distanza, non ne permetterà l'acquisizione al lettore ottico
- aumentando l'altezza del codice, aumenta la facilità di lettura a distanza

SIMBOLOGIA

ogni simbologia comporta la definizione di un set di caratteri, o alfabeto, finito ed univoco

in base al criterio scelto per ottenere la rappresentazione ottica, si distinguono 3 famiglie:
- *codici modulari o MWE* (Module Width Encoding)
- *codici PWM* (Pulse Width Modulation)
- *codici NRZ* (No Return to Zero)

• i più diffusi sono i codici modulari:
  essi si basano su elementi ottici di due diversi spessori il cui rapporto può variare da 1:2 a 1:3 e
  - il valore binario 0 è associato all'elemento stretto (modulo)
  - il valore binario 1 è associato all'elemento largo

  es. codice 39

• i codici NRZ si basano sulla definizione di un elemento di spazio unitario (modulo)
  - il modulo scuro viene associato al valore binario 1
  - il modulo chiaro viene associato al valore binario 0

- i codici PWM si basano sulla definizione di una porzione di spazio e considera
  - il valore binario 1 se in tale porzione i 2/3 dello spazio è scuro
  - il valore binario 0 se solo 1/3 dello spazio è scuro

CLASSIFICAZIONE DEI CODICI A BARRE

codici a 2 spessori
gli elementi di codice possono assumere due soli spessori, in rapporto compreso tra 2 e 3

codici a più di 2 spessori
gli elementi di codice possono assumere più di due spessori diversi

codici a 2 dimensioni
gli elementi di codice possono assumere più di una dimensione, ma ciò richiede una migliore qualità di stampa

Codice 39 (3 di 9)

è il più diffuso tra i codici industriali ed è stato sviluppato dallo Intermec

esso permette la codifica di 43 caratteri divisi in
- caratteri numerici (0, .., 9)
- caratteri alfabetici maiuscoli (A, …, Z)
- caratteri speciali (+, –, %, …)
- carattere di start/stop (*)

ogni simbolo è composto da 9 elementi, 5 barre e 4 spazi
3 elementi sono di larghezza multipla rispetto ai rimanenti e 6 stretti

il check digit del Codice 39, inserito alla destra dei caratteri di dati, è il carattere corrispondente alla somma (secondo il modulo 43) dei numeri di riferimento associati ai suddetti caratteri

Codice EAN

- è un codice numerico continuo e "self-checking"
- consente un'alta densità di informazione
- ha come svantaggio che gli spazi sono significativi e il numero di cifre è fisso
- è la simbologia più utilizzata e conosciuta essendo utilizzata per identificare i prodotti commerciali offerti in vendita nei supermercati

il Codice EAN permette la lettura in entrambi i versi ed ogni carattere è codificato con due barre e due spazi per uno spessore totale di sette moduli
gli elementi possono assumere quattro diversi spessori, multipli interi del modulo
ogni cifra è codificata con sette moduli
il carattere di controllo centrale è composto da cinque moduli
il carattere di start/stop è composto da 3 moduli
I simboli EAN sono disposti simmetricamente attorno ad un carattere centrale di controllo e delimitati agli estremi da caratteri laterali di controllo

MEZZI LOGISTICI NELL'ASSEMBLAGGIO AUTOMATICO

molti prodotti vengono realizzati attraverso attività di fabbricazione di parti e successivo assemblaggio (o montaggio) di queste

anche i sistemi di montaggio dovranno possedere un livello di automazione e flessibilità correlato alle quantità e all'ampiezza del mix produttivo richieste dal mercato

un elemento rilevante nel processo di montaggio è la complessità del prodotto in quanto il livello di difficoltà del montaggio è ad essa proporzionale

in base alla complessità si distinguono diverse stazioni di lavoro:

- *montaggio a posto singolo*: grazie a un numero ridotto di elementi i prodotti vengono montati completamente in posti di lavoro singoli
- *montaggio suddiviso*: in presenza di prodotti complessi con un elevato numero di componenti, conviene frazionare i processi di montaggio

un presupposto dello smembramento dei prodotti complessi è costituito dal fatto che il prodotto sia strutturato in modo tale da permettere il montaggio preliminare di cosiddetti "gruppi costruttivi"

⇨ per una strutturazione conforme al montaggio dei gruppi costruttivi e dei prodotti finiti è necessario osservare le seguenti regole fondamentali:

- l'intero processo di montaggio deve essere chiuso e completo in se stesso
- un gruppo costruttivo deve poter essere collaudato separatamente
- ciascun gruppo costruttivo deve presentare il minor numero possibile di collegamenti con altri gruppi
- i gruppi costruttivi che cambiano in funzione delle varianti del prodotto non devono essere raggruppati insieme a quelli uguali per tutte le varianti
- i gruppi costruttivi delle varianti devono presentare le stesse condizioni di montaggio

⇩

è di importanza fondamentale la creazione della cosiddetta unità di base per i singoli gruppi costruttivi e per il prodotto finito

unità di base = singolo pezzo di base su cui nel corso del processo di montaggio vengono poi montati gli altri elementi componenti

es. circuito stampato

→ condizione obiettivo che deve soddisfare l'unità di base:
essa deve strutturata in modo da rendere possibile il trasferimento da una stazione di montaggio all'altra senza necessità di attrezzi particolari

- nel caso di montaggio con supporti dei pezzi, le unità di base devono essere progettate in modo da poter eseguire automaticamente il centraggio
  la precisione del centraggio dell'unità di base sul supporto è estremamente importante quando si esegue il montaggio suddiviso

  - centraggio esterno
    le tolleranze esterne possono essere scelte consentendo un posizionamento preciso nei punti di unione all'interno dell'unità di base

  - centraggio interno
    nel caso di azione esterna possono essere precluse certe attività lungo il perimetro e le superficie esterne del componente, l'unità di base può essere bloccata internamente attraverso appositi fori

- direttamente collegato alla complessità del prodotto, il numero di componenti rappresenta un elemento critico per l'assemblabilità del prodotto finale

  in generale bisogna ottenere il miglior compromesso fra:
  - la necessità di ridurre il numero di componenti
    per facilitare le operazioni di montaggio
  - la necessità di limitare il ricorso a particolari unici ma costruttivamente molto complessi e difficili da realizzare

  → spesso il compromesso è ottenuto ricorrendo alla modularità

  → con riferimento al montaggio l'uso dei materiali e dei metodi di produzione moderni permette la configurazione strutturale in un solo pezzo di prodotti che prima dovevano essere fabbricati assemblando più componenti

- le linee di assemblaggio dedicate al montaggio dei componenti hanno <u>2 architetture principali</u>:

  - <u>configurazione rettilinea</u>:
    le stazioni di lavoro sono allineate unite tra loro da un sistema di trasporto di tipo transfer

    es. schemi a bastone, a C, ad anello

  - <u>configurazione circolare</u>:
    il sistema di trasferimento dei pezzi fra le stazioni è rappresentato da una valvola rotante
    i particolari sono solidali a questa tavola che avanza di un passo ad intervalli di tempo eseguendo una rotazione elementare e trasferendo i pezzi da una stazione a quella seguente
    - minore ingombro
    - schema più compatto
    - tavole multigiro quando si hanno molte stazioni

si definisce cadenza di una stazione di lavoro il tempo intercorrente fra l'uscita di due prodotti consecutivi dalla stazione stessa

le stazioni di lavoro possono essere progettate:

- a cadenza imposta:
  tutte le stazioni di lavoro hanno la medesima cadenza e quindi lo stesso tempo di ciclo per eseguire un'operazione
  - utilizzate quando vi è bassa incidenza di operazioni manuali
  - utilizzate con schema circolare

- a cadenza non imposta:
  le stazioni lavorano con tempi di ciclo differenti e quindi sorge il problema della loro armonizzazione o bilanciamento attraverso l'inserimento di polmoni interoperazionali
  - utilizzate quando vi è alta incidenza di operazioni manuali
  - utilizzate con schema rettilineo

ELEMENTI COSTITUTIVI DI UNA LINEA FLESSIBILE DI ASSEMBLAGGIO (FAS)

i principali elementi presenti in una linea flessibile di assemblaggio FAS sono:
- attrezzi portanti del pezzo
- sistema di trasporto dei pezzi
- sistema di alimentazione dei componenti da montare
- stazioni di lavoro
- stazioni di controllo e collaudo dei montaggi

ATTREZZI PORTANTI DEL PEZZO

il pezzo base deve essere trasferito fra le stazioni di lavoro in modo da crescere tramite i successivi montaggi di parti componenti fino a diventare il prodotto finito
il pezzo base per poter essere trasferito e centrato viene riferito a un attrezzo portante (definito anche pallet, vassoio, supporto) che verrà movimentato dal sistema di trasporto

nel caso di vassoi multi-pezzo sono impiegabili 2 modalità di lavoro:
- attraverso portanti semplici con pezzi allineati in differenti posizioni
- attraverso attrezzi portanti circolari con possibilità di movimento di rotazione in modo da presentare il pezzo da lavorare sempre nella stessa posizione

SISTEMA DI TRASPORTO DEGLI ATTREZZI PORTANTI

trattando il tema dei sistemi di trasferimento degli attrezzi portanti implicitamente si fa riferimento a linee di assemblaggio rettilinee
nel caso di inserimento di postazioni manuali di lavoro, al sistema di trasporto è richiesta anche la capacità di realizzare il magazzino interoperazionale
(necessario per svincolare i diversi tempi di lavorazione)

diverse soluzioni:

1) sezionare il sistema di trasporto in tante unità elementari controllabili separatamente da opportuni attuatori e sensori in modo da avere moto solo in caso di possibilità di avanzamento del pezzo

2) impiegare attuatori con trasmissioni a frizione che al raggiungimento di un certo sforzo disaccoppiano il sistema di trasporto dall'attuatore
in questi sistemi il polmone si ottiene automaticamente in quanto i pezzi si adagiano uno contro l'altro ed essendo fermi fanno crescere lo sforzo delle motorizzazioni fino al livello di soglia "sganciando" così le trasmissioni di moto

3) sviluppo ulteriore della soluzione 2 eliminando la trasmissione a frizione a favore di sistemi dissipativi: un'opportuna scelta dei materiali dei sistemi di trasporto permette di ottenere per attrito il moto in condizioni di via libera e lo stazionamento in situazioni di immagazzinamento a causa della via occupata

nella pratica industriale i sistemi più impiegati sono:
- a catene
- a rulli
- a nastro
- a tapparelle

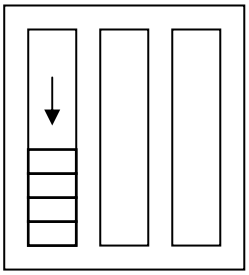
SISTEMI DI ALIMENTAZIONE DEI COMPONENTI

nelle stazioni di lavoro delle linee di assemblaggio vengono eseguiti dei montaggi fra componenti e gruppi costruttivi che possono essere direttamente posizionati sul pallet oppure possono provenire dall'esterno rispetto al vassoio stesso

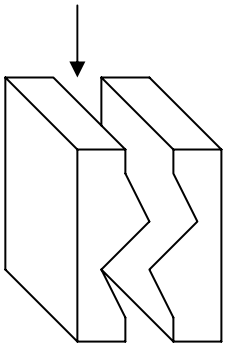
tendenzialmente i componenti di dimensioni ridotte oppure quelli variabili da prodotto a prodotto vengono alimentati dall'esterno

nel caso di impiego di dispositivi automatici di montaggio è auspicabile per semplificare e velocizzare le operazioni che il materiale sia alimentato in modo ordinato al dispositivo di montaggio

i sistemi di alimentazione, detti anche caricatori, si suddividono in:
- caricatori piani
- caricatori a contenitore
- vibroalimentatori orbitali

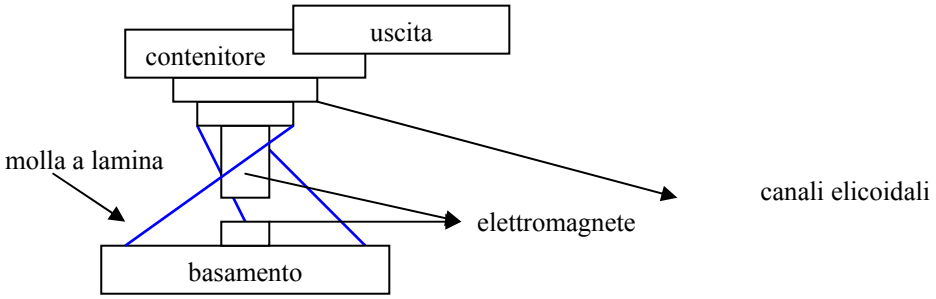


caricatore
piano



caricatore
a contenitore

il dispositivo di alimentazione più diffuso nella pratica è il vibroalimentatore orbitale



questo dispositivo è formato da basamento pieno, appoggiato su tre piedini di gomma che assorbono le vibrazioni
sulla circonferenza di questo basamento sono disposti in modo obliquo tre pacchi di molle a lamina che lo collegano con la lastra di supporto del contenitore dei pezzi
nel contenitore si trovano i canali elicoidali che conducono all'uscita del vibroalimentatore
le vibrazioni sono create da un magnete alimentato a corrente alternata

nei canali elicoidali sono sistemati gli elementi che servono per ordinare i pezzi, chiamati anche deflettori o selezionatori di giaciture

con il vibroalimentatore orbitale i pezzi possono essere depositati, ordinati e poi, in collegamento con le guide di uscita, inseriti in caricatori e trasportati

grazie alla forma convessa del fondo e alle oscillazioni meccaniche provocate dall'elettromagnete, i pezzi disposti casualmente si spostano lungo il bordo del deposito

il magnete azionato da corrente alternata genera forze di attrazione periodiche, cosicché il contenitore oscilla con una vibrazione prossima alla risonanza e in virtù della posizione inclinata delle molle durante la vibrazione si verifica un avanzamento balistico dei componenti

i pezzi vengono ordinati attraverso 2 sistemi:

- ordinamento passivo
  i pezzi in posizione scorretta vengono respinti e tornano a cadere nel contenitore di raccolta

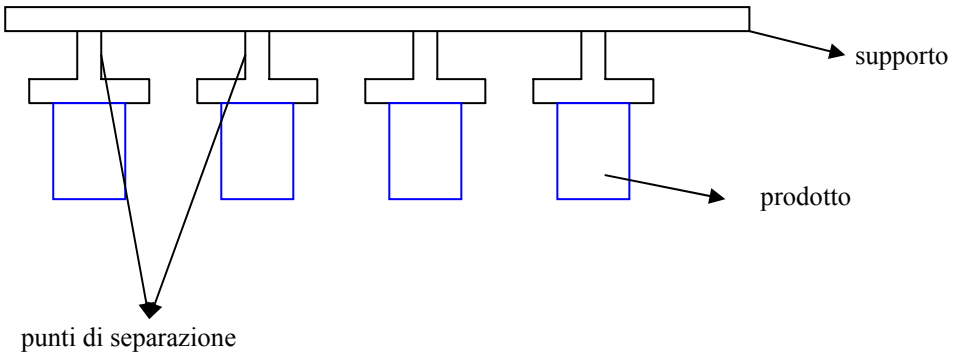
- ordinamento attivo
  i pezzi vengono portati nella giusta posizione attraverso elementi di ordinamento disposti in serie e quindi non ricadono mai nel contenitore

⇨ un presupposto fondamentale per poter ordinare i pezzi è che questi possano muoversi liberamente nell'area d'azione degli elementi di ordinamento, in modo da non ostacolarsi reciprocamente
inoltre inserendo degli elementi di separazione è possibile evitare un afflusso troppo elevato di pezzi da ordinare

materiale a nastro continuo unito a un supporto

se i componenti hanno forme intricate difficili da alimentare con i sistemi citati prima, il metodo più sicuro di alimentazione è l'alimentazione di materiale in forma di striscia

il vantaggio di questo tipo di fornitura è il mantenimento dell'ordine dei pezzi e quindi l'ottenimento di una disponibilità molto elevata



sistema di una stazione di alimentazione dei componenti

consideriamo una tipica stazione di alimentazione dei componenti alle stazioni di lavoro localizzate lungo una tavola di lavoro (fig. 6.18)

si possono riconoscere:
- un vibroalimentatore orbitale
- una guida elettromagnetica di uscita
- una stazione di singolarizzazione
- un manipolatore "pick and place"
  che trasferisce il componente proveniente dal singolarizzatore e lo colloca sul supporto del transfer della macchina di montaggio

il grado di affidabilità è determinato da:
- la qualità dei componenti
- la pulizia dei pezzi
- la disposizione e la precisione delle stazioni di alimentazione

i guasti più frequenti si verificano all'interno dei vibroalimentatore orbitali e nel passaggio da quest'ultimo alla guida di uscita

↓

per garantire che i guasti non compromettano la disponibilità della macchina di montaggio, la lunghezza della guida di uscita deve essere dimensionata in modo da creare un effetto polmone tra i componenti ordinati, che si trovano nella guida di uscita

la capacità di questo polmone deve essere determinata in modo da permettere che i guasti siano individuati ed eliminati tempestivamente senza che la guida giri a vuoto

↳ a tale scopo conviene prevedere un tratto di sicurezza nella guida di uscita

sulla guida di uscita devono essere installati due sensori S_1 e S_2

- con il sensore S_1 il vibroalimentatore orbitale viene adattato alle prestazioni richieste:
  se la guida di uscita scorre a pieno carico questa condizione viene rilevata dal sensore che disattiva il vibroalimentatore
  quando i pezzi vengono scaricati nel singolarizzatore attraverso il manipolatore e l'ultimo pezzo supera la stazione S_1 lo stesso sensore riattiva il vibroalimentatore

- un secondo sensore S_2 viene disposto in modo tale che tra il sensore e la stazione di singolarizzazione ci sia un tratto di sicurezza con una certa capacità di polmone
  se il sensore S_2 registra che in quel punto non arrivano più pezzi traduce questa condizione in un segnale di allarme ottico o acustico

<u>collocazione dei sistemi di alimentazione</u>

in genere essi vengono collocati in modo ortogonale ai transfer rettilinei e in senso radiale sulle tavole circolari per limitare gli ingombri e soprattutto non precludere spazi per altri attrezzi

in alcuni casi però si è costretti ad impiegare soluzioni ibride e non ottimali

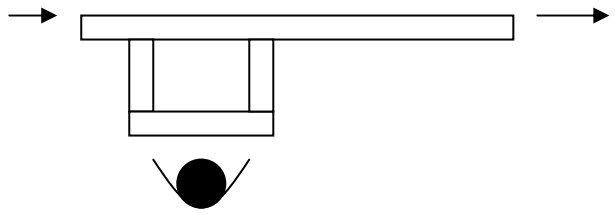
STAZIONI DI LAVORO

sul piano della <u>funzionalità operativa</u> una prima osservazione riguarda la configurazione della stazione, in cui vi possono essere:
- dispositivi completamente automatici
- operatori umani

in genere gli alimentatori vengono posti sia per gli operatori umani che per i dispositivi automatici molto vicini alle zone di montaggio, anche se con configurazioni diverse

per l'uomo vengono definite 2 aree di operatività:
- l'area dei movimenti primari (AP)
- l'area dei movimenti secondari (AS)

per eliminare il ricorso ad operazioni nell'area secondaria, vengono disposti i sistemi di alimentazione frontalmente e entro i 35 cm di distanza
l'area di lavoro inoltre viene costruita su un'isola ricavata in esecuzione deviata rispetto al transfer con l'intatta possibilità della via di corsa rettilinea
(in quanto le stazioni di lavoro manuali sono tipiche in linee non cadenzate)



altro aspetto rilevante per le stazioni di lavoro riguarda l'attrezzistica, che dipende dall'operazione da svolgere di volta in volta

per quanto riguarda invece le postazioni di lavoro bisogna tenere in considerazione il tema della sicurezza

STAZIONI DI CONTROLLO

durante le operazioni di montaggio l'unità in via di costruzione viene sottoposta a dei controlli per verificare la correttezza dello stato del Work In Progress (WIP)

i risultati positivi provocano il via libera mentre i risultati negativi possono essere interpretati nei seguenti modi:
- disattivazione immediata
- disattivazione della macchina dopo un certo numero di errori in sequenza
- memorizzazione degli errori
  in caso di errore il pezzo errato viene reso riconoscibile per i dispostiti a valle

per quanto riguarda il tipo di struttura, le stazioni di controllo possono essere suddivise tra:
- stazioni che a causa della posizione dell'oggetto da esaminare, devono essere disposte in posizione fissa
- stazioni che, per svolgere i propri compiti, devono eseguire un movimento

PROGETTAZIONE DI UNA LINEA FLESSIBILE DI ASSEMBLAGGIO AUTOMATICO

la progettazione di una linea di montaggio automatico (FAS) può essere ricondotta allo sviluppo di alcune fasi tipiche

RAZIONALIZZAZIONE DEL PROGETTO DEI PRODOTTI SECONDO IL DESIGN FOR ASSEMBLING

per ottenere un agevole montaggio automatico di un prodotto occorre che il progetto del prodotto stesso abbia delle caratteristiche intrinseche di semplicità che favoriscano le attività di montaggio

- in fase di progetto bisogna effettuare delle scelte che semplifichino il ciclo di montaggio riducendo il numero delle parti nonché il numero e la difficoltà delle operazioni di montaggio da eseguire

=

Design For Assembling (DFA)

- bisogna inoltre applicare criteri di modularità e di semplificazione dei prodotti

- bisogna che le linee vengano raggruppate per famiglie di prodotti
  =
  Group Technology

RAZIONALIZZAZIONE DEL PROCESSO PRODUTTIVO

consiste nel progettare ed approntare processi di assemblaggio realizzabili e tecnologicamente simili per prodotti della stessa famiglia

in questo caso si possono cercare delle razionalizzazioni attraverso la modularità e la semplificazione dei cicli di assemblaggio

DEFINIZIONE DEL PROCESSO CARATTERISTICO

consiste nell'individuazione del prodotto caratteristico, ossia un prodotto reale o fittizio, che presenta tutte le lavorazioni di tutti i prodotti della famiglia

in altre parole tutti i prodotti della famiglia si devono poter ottenere da quello caratteristico per eliminazione di fasi di lavoro (montaggio)

DETERMINAZIONE DEI TEMPI E DEI METODI DI MONTAGGIO

per poter dimensionare le stazioni di lavoro bisogna definire e metodologie di montaggio e i tempi corrispondenti

la valutazione dei tempi può essere condotta sperimentalmente attraverso campagne di rilevazione sul campo di processi analoghi e successive elaborazioni statistiche dei risultati

la stima dei tempi di montaggio può essere svolta per via teorica attraverso la procedura Method Time Measurement MTM:
in base a questa procedura ciascuna azione di montaggio può essere scomposta in operazioni elementari a cui corrisponde un tempo standard
sommando tutti i tempi elementari si ottiene una stima della durata della particolare attività di assemblaggio

SCELTA DELLA CADENZA DELLA LINEA E DIMENSIONAMENTO DELLE STAZIONI

in generale:
- cadenza imposta ⟶ in presenza di linee con elevata produttività e ridotta incidenza del lavoro umano

- cadenza libera ⟶ in presenza di numerose attività richieste all'operatore

scelta la cadenza bisogna distribuire il carico di lavoro in un certo numero di stazioni

obiettivo:
ottenere il miglior compromesso economico fra costi diretti di montaggio e i costi indiretti di mancato completamento di alcune operazioni nel rispetto dei vincoli tecnologici e produttivi presenti

- nel caso di linee a cadenza imposta viene impiegato il metodo euristico di Kottas Lau

- nel caso di linee a cadenza libera si esegue una ricerca del bilanciamento che riduce al minimo l'ammontare degli ozi per i mezzi produttivi

SCELTA DEL SISTEMA DI TRASPORTO E DI ALIMENTAZIONE DEI COMPONENTI

si passa ora alla scelta del sistema di trasporto per la movimentazione dei pezzi e/o degli attrezzi portanti lungo le varie posizioni di montaggio

la presenza di stazioni manuali implica il dimensionamento dei polmoni fra le diverse stazioni (in pratica realizzati sul sistema di trasporto)

quindi a questo stadio della progettazione si effettua la scelta del tipo e della collocazione fisica dell'insieme dei caricatori e alimentatori

in pratica il risultato di questa fase è il progetto di dettaglio delle strutture fisiche della linea attraverso disegni, tabelle, schemi, …

VERIFICA DELLA FLESSIBILITA' E SIMULAZIONE

prima di procedere alla valutazione economica dell'investimento è bene quindi verificare se la linea ideata rispetta le richieste in termini di flessibilità
in pratica si tratta di controllare la "montabilità" di tutti gli elementi della famiglia

inoltre è consigliabile un approccio simulativi per la verifica del comportamento dinamico in condizioni di transitorio, per la determinazione della capacità richiesta dai polmoni per poter cogliere gli obiettivi produttivi prefissati

VALUTAZIONE ECONOMICA DELL'INVESTIMENTO

la linea di assemblaggio è fattibile se presenta una adeguata convenienza economica

a questo scopo alla fine del progetto bisogna determinare, attraverso la valutazione dei costi di installazione e di esercizio delle attrezzature scelte, il ritorno economico dell'investimento e il costo unitario stimato di montaggio

SISTEMI DI TRASPORTO:

CARELLI ELEVATORI E SISTEMI RIGIDI

I sistemi di trasporto del materiale all'interno dell'impianto industriale si possono classificare in relazione a due aspetti fondamentali:

- grado di automazione
- livello di flessibilità

in base ad essi si può tracciare il seguante quadro:

	bassa flessibilità	alta flessibilità
bassa automazione	transpallet	carrelli elevatori
alta automazione	trasportatori rigidi	Automated Guided Vehicle AGV

CARRELLI ELEVATORI

I carrelli elevatori sono veicoli a ruote per la movimentazione di materiali di qualsiasi genere con l'intervanto degli operatori a terra o a bordo del veicolo stesso

carrelli elevatori
- per piccoli sollevamenti
  - transpallet
- accastatori
  - frontali
  - a forche retrattili
  - con forche tra i longheroni
  - a presa laterale
  - a presa bilaterale
  - a presa trilaterale
  - con posto di guida sollevabile

CARRELLI ELEVATORI FRONTALI

Le forche si infilano sotto la base del pallet da sollevare ed il montante si inclina leggermente all'indietro (brandeggio), verso il carrello, per garantire una maggiore stabilità al carico.

- polivalente/flessibile
- economico
- elevata velocità
- facilità di manovra

- elevato spazio richiesto per il passaggio tra i corridoi di stivaggio
- limitata altezza di sollevamento (max 5/7 metri)

→ particolarmente adatti in contesti aziendali di piccoli dimensioni

CARRELLI ELEVATORI A FORCHE RETRATTILI

- consentono di operare in corridoi più stretti rispetto ai carrelli tradizionali (incremento degli indici di utilizzazione dei magazzini)
- buona flessibilità operativa
- elevazione del carico attorno ai 7/8 metri

- meno veloci di quelli frontali
- le ruote sono in materiale plastico, per tanto a differenza dei carrelli dotati di pneumatici è consigliabile che la pavimentazione sia liscia e priva di buche (impego limitato esclusivamente all'interno dei fabbricati)

CARRELLI BILATERALI E TRILATERALI

la tendenza attuale, rivolta verso l'impiego di magazzini intensivi di altezza fino a 5/6 metri, meccanizzati o automatizzati, favorisce l'impiego, ove possibile, di carrelli a forte sollevamento di tipo bilatero o trilatero al fine di risparmiare spazio, migliorare l'indice di utilizzazione e ridurre i costi di esercizio.

questi carrelli operano nelle corsie tra gli scaffali e possono raggiungere ogni UdC stoccata su entrambi i lati (x i bilaterali) ed anche frontalmente per i trilaterali.

la prerogativa dei carrelli con castello trilaterale è che non devono fare manovre nel corridoio per prelevare o depositare il pallet, ma eseguono l'operazione attraverso una torretta girevole a 180° installata sul castello di sollevamento.

queste caratteristiche permettono di realizzare dei corridoi di stivaggio molto stretti, la loro dimensione è leggermente più larga dell'ingombro del carrello stesso.

TRASLO ELEVATORE

insistendo ulteriormente nel tentativo di ridurre le superfici dei magazzini si è reso necessario utilizzare dei mezzi di stoccaggio sempre più specialistici, e quindi, a fronte di maggiori prestazioni, perdendo le caratteristiche di flessibilità proprie dei mezzi sin qui esaminati.

sono macchine che si muovono lungo i corridoi su guida costituita da rotaia e consentono il raggiungimento del massimo livello delle prestazioni sia in termini di capacità operativa, si intermini di occupazione specifica degli spazi

questi mezzi dispongono di un "intelligenza" propria basata normalmente sull'utilizzo di un micro calcolatore a bordo e sono comandati da un calcolatore centrale di processo, che coordina il lavoro secondo principi di ottimizzazione.

SISTEMI DI TRASPORTO RIGIDI

TRASPORTATORI A RULLI

consistono in una serie di rulli montati su apposite strutture portanti.

sono impiegati per il trasferimento e l'accumulo di colli rigidi e sono dotati di un piano di appoggio regolare, tale cioè da evitare impuntamenti coi rulli sottostanti; i materiali trasportati, inoltre devono avere lunghezza tale da consentire l'appoggio su almeno due rulli.

all'occorrenza, sui materiali movimentati con un trasportatore a rulli, si possono eseguire operazioni di vario genere.

il movimento dei rulli motori è assicurato da una trasmissione a catena o a cinghie.

questi tipi di convogliatori hanno avuto grande impiego nei magazzini intensivi, in particolare come elementi base delle banchine di ingresso e uscita, nei magazzini automatizzati dotati di traslo elevatori.

quando i carichi da movimentare sono leggeri e danno un fondo piano, si impiegano a volte trasportatori a rotelle, costituiti cioè da rulli stretti, stampati in plastica o in leghe leggere, montati su cuscinetti a sfera.

- i vantaggi dei trasportatori a rotelle e a rulli sono riconducibili essenzialmente dal basso costo di installazione ed esercizio ed alla facilità di gestione.
- gli svantaggi sono originati dal notevole ingombro e dal cattivo sfruttamento dell'area produttiva.

TRASPORTATORI A NASTRO

sono impiegati per il trasporto continuo, in orizzontale o in pendenza, di materiali alla rinfusa o di carichi concentrati leggeri.

i principali elementi costituenti un trasportatore a nastro sono:

- un nastro trasportatore
- una serie di rulli superiori ed inferiori di supporto
- una puleggia motrice e una di rinvio
- una struttura metallica di sostegno

si può introdurre una distinzione tra:
- nastri trasportatori di tela e gomma
- nastri trasportatori in fibre naturali e sintetiche
- nastri trasportatori in acciaio
- nastri trasportatori in rete metallica

il dislivello massimo superabile da un trasportatore a nastro è fortemente legato al tipo di materiale trasportato, a causa dell'attrito tra materiale e nastro e dell'attrito interno del materiale.

CONVOGLIATORI AEREI A CATENA

- permettono il superamento di dislivelli anche in verticale
- sono facilmente installabili senza opere murarie
- non richiedono particolare manutenzione

i convogliatori aerei a catena si suddividono in 2 tipi fondamentali:
- monorotaia o "power"
- birotaia o "power & free"

i sistemi monorotaia sono costituiti da un unica catena traente (power) scorrevole all'interno di una guida metallica sospesa che si snoda lungo tutto il percorso da coprire.

i sistemi birotaia sono costituiti da due guide in metallo profilato: normalmente all'interno della guida superiore corrono i carrellini di sostegno della catena traente power, mentre all'interno della guida inferiore scorrono altri carrellini di sostegno dei dispositivi per la movimentazione dei carichi.

il grande vantaggio della doppia rotaia consiste nella possibilità di svincolare il carico dalla catena power senza necessariamente arrestare il convogliatore.

a parità di capacità di trasporto di un convogliatore monorotaia la maggiore flessibilità e versatilità dei convogliatori birotaia si paga in termini di maggiori costi di investimento, di esercizio e di manutenzione.

CONVOGLIATORI A CARRELLI

in alcuni settori industriali, solitamente caratterizzati da condizioni di lavoro difficili o pesanti, vengono impiegati convogliatori a catena per il traino a pavimento di carrelli dotati di ruote.

in base alla posizione della catena traente si distinguono:

- convogliatori con catena a pavimento:
  adottati qualora la catena del convogliatore non costituisca un intralcio inaccettabile
- convogliatori con catena aerea:
  i carrelli sono agganciati a un convogliatore aereo monorotaia sovrastante con aste rigide e/o catene, le quali costituiscono un notevole intralcio e pericolo per le persone eventualmentre presenti
- convogliatori con catena traente a pavimento:
  la catena scorre all'interno di un guida incassata a pavimento e di larghezza limitata, quindi non costituisce un particolare intralcio

TRASPORTATORI A TAPPARELLE

i trasportatori a tapparelle sono formati in genere da una coppia di catene laterali che sostengono delle aste dette tapparelle;

tali aste sono parallele fra loro e presentano interstizi variabili da esecuzione a esecuzione ma comunque dell'ordine di qualche mm.

sono adatti per il trasporto di colli, sacchi, cassette, etc…

TRASPORTATORI A CATENA APRON

sono simili a quelle a tapparelle: anche essi sono costituiti da piastre trascinate normalmente da una catena centrale, ma si differenziano per l'assenza di interstizi grazie al particolare profilo snodato che consente la loro rotazione sul piano orizzontale, impedendo la caduta del materiale fra una piastra e l'altra.

le piastre hanno forma varia in funzione dell'applicazione specifica.

gli Apron sono particolarmente adatti per il trasporto di materiali pesanti o abrasivi o aventi temperature elevate.

ELEVATORI

gli elevatori continui si distinguono per la loro potenzialità generalmente elevata, dipendente dall'intervallo fra i diversi ripiani di carico.

tali elevatori consentono il sollevamento di materiali sfusi, con grandi pendenze e ingombri limitati.

TAMBURI ROTANTI

un tamburo rotante è costituito da un cilindro, eventualmente inclinato con una pendenza non superiore ai 10°, contenente al proprio interno del materiale sfuso che avanza grazie alla rotazione del cilindro stesso.

tale sistema è molto utilizzato in molte applicazioni dell'industria di processo in quanto è possibili effettuare delle lavorazioni sul materiale durante il suo trasporto

TRASPORTATORI A COCLEA

la coclea, detta anche vite di Archimede è formata da un'elica, contenuta all'interno di un condotto normalmente a sezione circolare, posta in rotazione dell'elica al fine di spingere il materiale verso un'estremità del condotto.

sono trasportatori adatti per il trasporto del materiale in polvere o di piccola pezzatura, per materiali abrasivi sono disponibili coclee realizzate in materiale plastico.

preferibilmente impiegati per il trasporto su tragitti orizzontali o in leggera pendenza, i trasportatori a coclea sono comunque utilizzabili anche per il sollevamento su grandi pendenze (al crescere della pendenza si assiste ad una riduzione della capacità di trasporto.

$$\boxed{Q = k\,\rho\,(\pi/4)\,D^2\,p\,n}$$

Q = potenzialità di trasporto [kg/s]
k = coefficiente di riduzione della potenzialità (0,3/0,4)
ρ = densità del materiale trasportato [kg/m^3]
D = diametro della coclea
n = numero di giri dell'elica al secondo
p = passo della coclea [m]

IMPIANTI DI TRASPORTO MULTIFASE

nelle applicazioni industriali dell'industria di processo è frequente la necessità di trasportare materiali granulari o in polvere in sospensione fluida (gassosa o liquida) attraverso numerosi fasi del processo produttivo.

si hanno nel primo caso impianti di trasporto pneumatico e nel secondo impianti di trasporto idraulico caratterizzati rispettivamente da flussi bifase solido/gas e solido/liquido (es.: industria alimentare e industria mineraria).

IMPIANTI DI TRASPORTO PNEUMATICO

gli impianti di trasporto pneumatico provvedono al trasferimento di sostanze solide in polvere o granulali dentro tubazioni, generalmente a sezione circolare, mediante una corrente d'aria di adeguata velocità.

fattori a favore dell'impiego del trasporto pneumatico sono:
- riduzione della manodopera adibita a lavori di manovalanza
- risparmio conseguente all'acquisto di materiali sfusi anziché confezionati
- possibilità di effettuare percorsi complessi
- semplicità dell'impianto
- facilità di montaggio
- limitato ingombro
- pulizia e igiene

il trasporto pneumatico presenta tuttavia i seguenti aspetti negativi:
- costi di esercizio elevati rispetto agli altri sistemi
- distanza superabili relativamente limitate
- inconvenienti o difficoltà per il trasporto di alcuni tipi di materiali alla rinfusa

in generale si possono trasportare pneumaticamente:
- materiali sfusi
- recipienti a forma cilindrici

la distinzione fondamentale fra i vari tipi di impianti di trasporto pneumatico deriva dal modo in cui è realizzato il moto del materiale: mediante una corrente d'aria in depressione oppure in pressione.

a) il sistema funzionante in pressione (figura 7.20 pag. 164)
- è più adatto per il trasporto del materiale da un posto centralizzato a più stazioni di scarico
- permette una caduta di pressione totale elevata
- funziona a pressioni elevate quindi con minori volumi di aria
- è + difficoltosa l'introduzione del materiale

b) il sistema funzionante il depressione (figura 7.21 pag 164)
- è un impianto più semplice e si presta meglio al trasporto di materiali di più punti ad un'unica stazione di raccolta
- è in grado di far percorrere al materiale distanze più limitate

un'altra importante distinzione fra gli impianti in esame è basata sull'entità della depressione o sovrapressione Δp rispetto alla pressione ambiente prodotta dalle macchine operatrici;
si hanno da questo punto di vista:

- impianti a basso Δp (ottenuti mediante elettroventilatori centrifughi)
- impianti a medio Δp (ottenuti mediante elettroventilatori centrifughi o compressori rotativi)
- impianti a alto Δp (ottenuti mediante compressori Roots o a vite, centrifughi o a pistoni)

a parità di altre condizioni la scelta fra un impianto con valori bassi medi o alti di Δp viene fatta tenendo conto della granulometria e del peso specifico dei materiali.

SEPARATORI

alla stazione di arrivo, i materiali granulari trasportati in sospensione fluida devono essere separati dal fluido vettore (normalmente aria).

fra i vari sistemi di separazione dei materiali trasportati pneumaticamente da un fluido vettore, i cicloni sono quelli più frequentemente impiegati: essi consistono in un cilindro in lamiera ad asse verticale unito ad un fondo conico:

l'aria e il materiale trasportato entrano nella parte alta del cilindro, in posizione tangenziale; il materiale viene separato per forza centrifuga e urta contro l'involucro cilindrico e scivola lungo la parete del cilindro per finire nella parte conica, dalla quale può fuoriuscire grazie ad appositi dispositivi di scarico; l'aria contenente ancora particelle polverose esce dall'alto, attraverso un condotto coassiale con il ciclone, che la convoglia ad un impianti di depurazione (filtro).

IMPIANTI DI TRASPORTO IDRAULICO

negli impianti di trasporto idraulico il solido da trasportare ha una densità dello stesso ordine di grandezza di quella del fluido vettore (in genere acqua), che è un fluido incomprimibile e quindi adatto al conferimento di elevate pressurizzazioni ($p \approx 40$ bar)

indicando con c_v la concentrazione volumetrica del solido nella miscela solido/liquido si possono distinguere impianti:

- a bassa concentrazione di solido (c_v=0,3/0,4)
- a alta concentrazione di solido (c_v=0,7)

a)

- negli impianti a bassa concentrazione si ha lo smiscelamento ovvero la fase solida si deposita sul fondo della tubazione con problemi alla ripartenza e pericoli di occlusione della condotta o pipeline, soprattutto nei gomiti che collegano tratti orizzontali con tratti inclinati;
- per contro le perdite di carico sono modeste
- le portate di solito trasportabili sono dell'ordine di 50/100 Kg/s al variare del diametro della condotta, con velocità media della miscela dell'ordine di 2,5/3 m/s
- in questi impianti si ha una stazione iniziale di miscelazione nel punto di partenza, una serie di stazioni di pompaggio, ognuna delle quali assicura il flusso per un tratto di svariati chilometri, ed una stazione finale di separazione ed essiccazione del prodotto prima del suo utilizzo nel posto di arrivo

b)

- negli impianti ad alta concentrazione, tipici per il trasporto a distanza del carbone, si riesce a determinare un range di valori opportuni di c_v, per i quali non si ha lo smiscelamento anche dopo periodi prolungati di sosta della pipeline
- le perdite di carico tendono ad essere superiori perché la viscosità della miscela diventa più elevata
- gli impianti di questo tipo presentano ancora una stazione iniziale di miscelazione nel punto di partenza e una serie di stazioni di pompaggio lungo la pipeline, però nel punto di arrivo può mancare la stazione di separazione del solido, se la miscela può essere usata direttamente nel processo produttivo a valle.

SISTEMI FLESSIBILI DI TRASPORTO A GUIDA AUTOMATICA

AGV: Automatic Guided Vehicle

AGV: sistema di trasporto automatico che utilizza carrelli a guida automatica lungo una serie complessa di percorsi sotto il controllo di un calcolatore

⇩

sistema di trasporto: + FLESSIBILE
+ INNOVATIVO

storia degli AGV:

1950: costruzione del primo carrello AGV da parte di Barret Electronics

1960-70: i controllori di bordo furono dapprima transistorizzati e poi sostituiti da circuiti integrati

settori di impiego:

- aeronautico
- automobilistico
- elettronico
- alimentare
- farmaceutico
- sanitario
- tessile
- uffici postali
- …

sistemi di guida

↗ a percorso fissato:
i veicoli seguono un percorso prefissato segnato da nastri magnetici, strisce fotosensibili o riflettenti, …

↘ a percorso variabile:
i veicoli scelgono un percorso mappato con dei punti fissi di riferimento consentendo quindi una maggiore flessibilità e al tempo stesso un maggior controllo

SISTEMI DI GUIDA A PERCORSO FISSO:

1) *a guida ottica*

si basa su una striscia fotosensibile continua in materiale gommoso applicata a pavimento e su un sensore ottico a bordo del carrello in grado di leggere la striscia
il carrello AGV può discostarsi fino ad un massimo di circa 15 cm senza perdere la guida

2) *a guida induttiva*

viene utilizzato un cavo multipolare incassato a pavimento ad una profondità variabile tra i 10 e i 15 cm
il cavo, composto da un massimo di 5 conduttori, viene percorso da un segnale elettrico emesso da un generatore di frequenza, inducendo un campo magnetico rilevato da antenne poste sotto al veicolo
ogni conduttore del cavo porta un segnale a frequenza diversa
le antenne seguono la traccia a pavimento in base ad una certa frequenza imposta dal sistema di controllo, fino a che non ricevono il comando di cercare un'altra frequenza

3) *a guida meccanica*

il carrello si muove su una rotaia
la precisione di guida e di accostamento è alta ma la flessibilità dei percorsi si riduce enormemente

SISTEMI DI GUIDA A PERCORSO VARIABILE:

1) *a guida con riferimento cartesiano*

il veicolo opera su una griglia cartesiana di riferimento, ove appositi sensori rilevano le coordinate X e Y per la determinazione della sua posizione specifica
un podometro misura la distanza percorsa, mentre un giroscopio mantiene e corregge la direzione del veicolo

2) *a guida inerziale*

il sistema è costituito da un giroscopio, da una ruota con funzioni di podometro e da sensori magnetici
il giroscopio determina la direzione del veicolo
dei sistemi di tipo encoder contano il numero di rotazioni della ruota per la misurazione della distanza
lungo il percorso, in punti di riferimento, si trovano delle placche magnetiche di controllo posizionate a pavimento per l'individuazione della posizione dell'AGV

3) *a guida con telecamera*

è una tecnologia utilizzata per applicazioni speciali in cui è richiesto una tolleranza molto stretta nell'interfaccia tra il carrello ed altri dispositivi, consentendo un accostamento molto accurato e preciso

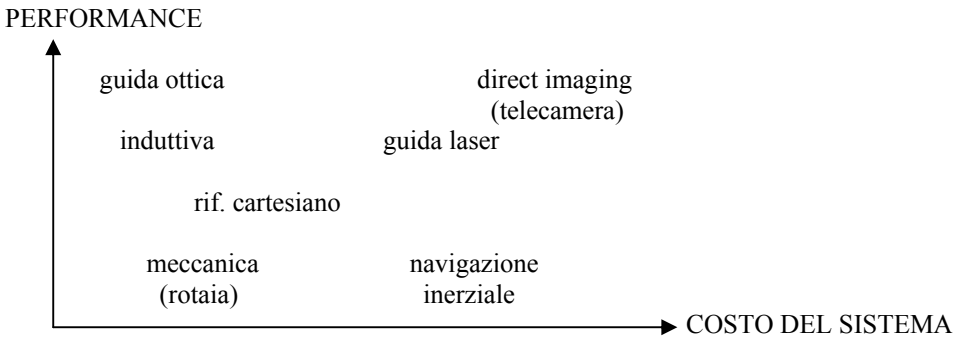
4) *a guida laser, LGV (Laser Guided Vehicle)*

una testa laser rotante, posizionata sull'AGV, emette un raggio non nocivo che colpendo più bersagli riflettenti disposti opportunamente lungo il percorso, viene rimbalzato verso il veicolo; la posizione del veicolo viene determinata dal calcolatore di bordo in grado di interpolare i dati sulla distanza e sul tempo di riflessione ottenuti da un insieme di bersagli colpiti

la massima flessibilità è garantita dal fatto che lo studio e il dimensionamento dell'impianto avvengono attraverso un sistema di simulazione con cui si verificano:
- lay-out
- traiettorie
- numero di missioni eseguibili
- numero di veicoli necessari

l'impianto è completamente monitorato da un sistema di supervisione, il che riduce l'intervento umano a minime funzioni di controllo e ottimizza i flussi di produzione

l'utilizzo di LGV comporta quindi la riduzione dei costi di installazione e la creazione di un ambiente lavorativo sicuro, strutturato in modo semplice e lineare, con un basso grado di inquinamento acustico



CARATTERISTICHE E CONTROLLO COMPUTERIZZATO DEI SISTEMI AGV

elementi costituenti un carrello AGV:

- un calcolatore di controllo per la marcia ed eventualmente per le funzioni ausiliarie
- una o più antenne guida
- un trasmettitore
- uno o più "chopper" di alimentazione per l'avanzamento del carrello e per i motori di sterzo
- un rilevatore di stato della batteria
- un dispositivo "fall asleep" del carrello per risparmiare l'uso della batteria
- dispositivi elettromeccanici antiscontro
- dispositivi di segnalazione e di sicurezza
- presa per l'innesto di una pulsantiera per il funzionamento del carrello in semi-automatico o manuale
- presa per l'innesto di un dispositivo di test del carrello
- batteria
- pattini di alimentazione per la batteria in ricarica
- telaio portante, ruote, motori elettrici, trasmissioni

vantaggi di un carrello AGV:

- flessibilità operativa ed elasticità
- integrazione del processo produttivo automatico
- riduzione del tempo di attraversamento
- riduzione delle scorte, degli spazi e dei danni
- migliore controllo
- miglioramento dell'ambiente di lavoro
- riduzione del personale
- aumento e bilanciamento della produzione, migliore qualità
- elevati carichi trasportabili

svantaggi di un carrello AGV:

- elevati costi di investimento
- riprogettazione del lay-out
- sensibilità alle condizioni ambientali
- necessità di addestramento del personale
- disponibilità di un manutentore
- pendenze superabili non elevate
- possibili problemi di sostituzione con vecchi modelli di AGV

controllo computerizzato dei carrelli AGV

i carrelli sono dotati di un sistema di comunicazione delle informazioni con il sistema fisso a terra

[tra i sistemi di comunicazione più affidabili e funzionali figura sicuramente quello a raggi infrarossi, costituito da una rete di ricetrasmettitori, dislocati in più punti della zona di lavoro, che collega direttamente i veicoli all'unità di comando]

il calcolatore del sistema può essere considerato suddiviso in due parti:

- il calcolatore gestione ordini (G.C.O.) è collegato con il calcolatore centrale del FMS o del CIM ed elabora, con determinate regole di priorità, le richieste in arrivo dal calcolatore centrale o dai punti di chiamata ponendole in un determinato ordine

- il calcolatore controllo guida (C.C.G.) controlla lo stato del sistema di carrelli AGV tramite informazioni provenienti dai punti di informazione e dalle stazioni di lavoro

dal dialogo fra le due parti segue la decisione di quale richiesta soddisfare in un dato istante e con quale carrello AGV fra quelli liberi

↓

- flessibilità nella varietà dei percorsi e di tracciati
- maggiore flessibilità se si equipaggia il carrello con un robot o con idonee attrezzature
- sincronizzazione della velocità dei carrelli AGV con quella di eventuali operazioni

CRITERI DI PROGETTAZIONE DI UN SISTEMA DI TRASPORTO FLESSIBILE CON CARRELLI AGV

la progettazione di un sistema di trasporto flessibile realizzato mediante carrelli AGV richiede diverse fasi:

1) definire la posizione delle stazioni di carico e scarico e la rete di percorsi (con le relative direzioni possibili)

2) determinare il numero di carrelli necessari per le attività di trasporto, compresi viaggi a vuoto per ragioni di bilanciamento del sistema

3) verificare il sistema generato nel suo comportamento dinamico, in modo da eliminare eventuali problemi di congestione del traffico

LAY-OUT

↓

SCELTA STAZIONI di carico, scarico, attesa (magazzini intermedi), manovra

↓

SCELTA PERCORSI PREFERENZIALI
(tratti il più possibile rettilinei, con ampi raggi di curvatura)

↓

DISTANZA TOTALE da percorrere in un intervallo di tempo prefissato (un turno) noto il flusso dei materiali (From-to-Chart)

↓

TEMPO TOTALE di percorrenza per un solo carrello (assegnata la velocità media $v_m = 0,4 – 0,7$ m/s)

↓

MAGGIORAZIONE per tenere conto dei tempi di carico, scarico, attesa
(RIBILANCIAMENTO)

↓

TEMPO COMPLESSIVO

↓

NUMERO MONIMO DI CARRELLI (come rapporto tra tempo complessivo calcolato e durata di riferimento (1 turno))

↓

SCELTA DEL TIPO DI CARRELLO

↓

VERIFICHE DEL PROGETTO

↓

AFFINAMENTO MEDIANTE SIMULAZIONE (per evidenziare colli di bottiglia, interferenze fra carrelli, errori di percorsi)

ESEMPIO DI PROGETTAZIONE DI UN SISTEMA DI CARRELLI AGV

supponiamo che la definizione del layout produttivo con la posizione delle stazioni di carico e scarico (numerate da 1 a 9) e la scelta dei percorsi preferenziali siano già state eseguite

le lettere A-B-C-D-E individuano alcuni nodi dei percorsi

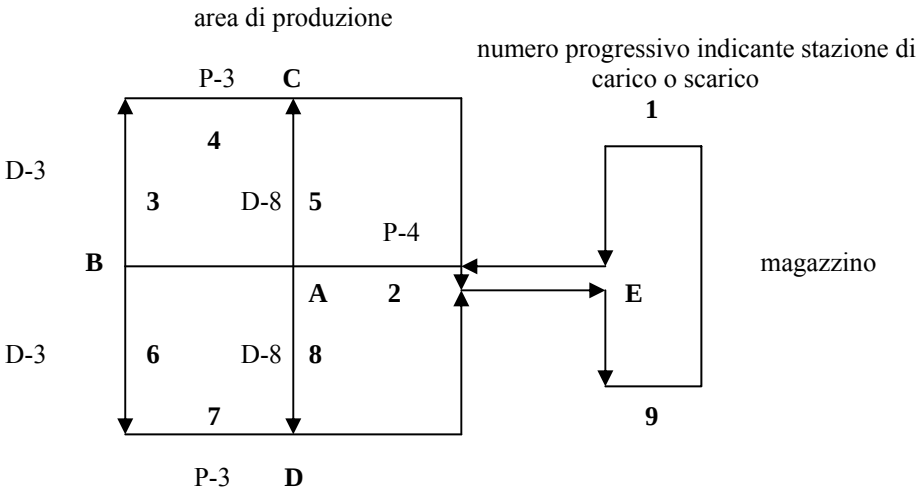
a fianco delle stazioni è riportato

- o il simbolo (D-k), indicante che k carrelli vengono scaricati (Drop off-k) nella stazione durante il turno di lavoro

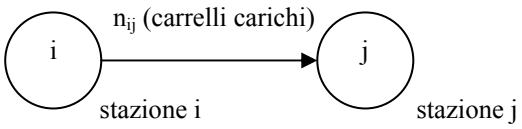
- o il simbolo (P-y) indicante che y carrelli vengono caricati (Pick up-y) nella stazione durante il turno

↳ i valori k e y sono noti dal foglio origine-destinazione relativo al flusso di carrelli fra le stazioni

⇨ determinare il numero di carrelli necessari



con riferimento allo schema



dove si indica con:

n_{ij} il numero di carrelli carichi che durante un turno di lavoro devono essere spostati dalla stazione "i" alla stazione "j"

t''_{ij} il tempo totale per caricare un carrello in "i", spostarlo in "j" e scaricarlo

il tracciato può essere assimilato ad una rete costituita di segmenti rettilinei e di nodi all'intersezione dei vari tratti

ogni segmento può avere alcuni punti di "pick-up" o di "drop-off"; ai fini del controllo, un segmento è diviso in un certo numero di zone contigue, individuate in modo che sia consentito il passaggio di un veicolo alla volta per zona

si assumono le seguenti caratteristiche del sistema:

- i veicoli si muovono in una sola direzione lungo un segmento
- i veicoli non si sorpassano lungo un segmento
- i tempi di carico e scarico sono noti per ogni lavorazione
- i tempi di trasporto sono noti a partire dalla conoscenza della velocità media dei veicoli carichi e scarichi
- è noto il carico da muovere da una stazione all'altra
  (non è consentita la ripartizione dei carichi tra i veicoli; se un'unità di carico, ossia valori interi della capacità di carico di un singolo veicolo, deve andare dalla stazione i alla stazione j allora verrà impiegato un veicolo)

indicando con:

t_i tempo di carico in i

u_j tempo di scarico in j

t'_{ij} tempo di percorrenza per un veicolo carico per andare da i a j

si ottiene il tempo complessivo relativo al trasporto dalla stazione i alla stazione j, ossia

$$t''_{ij} = t_i + u_j + t'_{ij}$$

siano

$\sum_j n_{ij}$ il numero di veicoli necessari alla stazione i-esima per movimentare il materiale nel turno

$\sum_i n_{ij}$ il numero di veicoli in arrivo alla stazione j-esima nel turno

- per le stazioni che non dispongono di polmoni interoperazionali di accumulo il flusso dei veicoli in ingresso deve eguagliare quello in uscita

- se invece può sussistere una zona di accumulo potrà esserci una certa disparità tra i flussi

- bisogna anche considerare che ad ogni inizio o fine turno vi sarà un certo numero di viaggi a vuoto di ribilanciamento per riportare il sistema alle condizioni iniziali e predisporlo così per la produzione del turno successivo

il tempo complessivo per le attività di trasporto nel turno è rappresentato dalla:

$$\sum_i \sum_j n_{ij} \; t''_{ij}$$

al netto di eventuali viaggi a vuoto all'inizio o alla fine del turno per esigenze di bilanciamento del sistema per i quali si stabilisce una maggiorazione in termini temporali pari a ΔH

si ottiene il tempo totale H in ore:

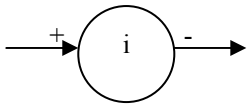
$$H = \sum_i \sum_j n_{ij} \; t''_{ij} + \Delta H$$

indicando con h le ore di disponibilità di un carrello AGV in un turno si ottiene il numero minimo di carrelli Y

$$\frac{H}{h} = X \; \lceil X \rceil = Y$$

per la formulazione del problema si determinano i flussi netti di veicoli per ogni stazione

il flusso netto di carrelli NF(i) alla stazione i-esima vale:



stazione i

$$NF(i) = -\sum_j n_{ij} + \sum_j n_{ji} + f_i - g_i$$

dove:

$-\sum_j n_{ij}$ flusso uscente da i per soddisfare le stazioni j

$+\sum_j n_{ji}$ flusso entrante in i proveniente dalle stazioni j

f_i veicoli disponibili in i all'inizio del turno

g_i veicoli richiesti alla stazione i alla fine del turno

esso deve essere nullo per quanto possibile:

$$\sum_i NF(i) = 0$$

si tratta di ricollocare in modo ottimale i veicoli, in esubero alla stazione i, essendo NF(i) > 0, per soddisfare la necessità di altre stazioni j aventi NF(j) < 0

$$a_i = \begin{cases} NF(i) & \text{se } NF(i) \geq 0 \\ 0 & \text{se } NF(i) < 0 \end{cases} \qquad b_i = \begin{cases} NF(i) & \text{se } NF(i) < 0 \\ 0 & \text{se } NF(i) \geq 0 \end{cases}$$

siano

t_{ij} il tempo del percorso più breve da i a j quando il veicolo è scarico

x_{ij} il numero di viaggi a veicolo vuoto che dovrebbero essere fatti dalla stazione i alla stazione j durante il turno per esigenze di ribilanciamento

il tempo totale di viaggio dei veicoli scarichi lungo i percorsi è espresso da:

$$\Delta H = \sum_i \sum_j x_{ij}\ t_{ij} = S$$

il problema è quello di determinare il set di valori delle variabili x_{ij} che minimizza la quantità della funzione obiettivo S, sottoposta alle seguenti condizioni di vincolo:

$$\sum_i x_{ij} = a_i$$

$$-\sum_j x_{ji} = -b_i$$

$$x_{ij} \geq 0$$

il problema rappresentato dalle relazioni soprascritte è un tipico problema risolvibile con la programmazione lineare, in cui tutte le variabili hanno valori interi

CONSIDERAZIONI ECONOMICHE PER L'ACQUISTO DI UN SISTEMA AGV

- l'installazione di un sistema AGV richiede in generale:
  - un rilevante impiego di risorse finanziarie
  - la spesa per ristrutturare il layout
  - la spesa per l'integrazione del sistema in sé e con il resto dell'azienda

- oltre alle considerazioni strettamente economiche, nella valutazione dell'opportunità di acquistare un sistema AGV conviene identificare le esigenze di lungo termine, tenendo conto di:
  - previsti cambiamenti da operazioni manuali ad automatiche
  - limiti fisici a future espansioni
  - sviluppo di sistemi CAD/CAM e futuri cambiamenti nelle procedure fondamentali di produzione e di gestione del sistema produttivo
  - sviluppo o cambiamenti del sistema in ottica CIM
  - modelli di futuri prodotti e innovazioni alla gamma produttiva, cambiamenti di mercato e fluttuazione della domanda
  - esigenze di sicurezza