

# Gestione della produzione

---

## Produzione per lotti

---

Grafico a pagina 208 - capitolo 7

Poniamoci nel seguente esempio: FIAT riesce a produrre 1200 Panda al giorno (teoricamente); nella realtà però, ne riesce a produrre molte meno. Questo perché tutti vogliamo relativamente una FIAT Panda diversa: colore, motore, optional, etc.

Di conseguenza viene naturale pensare ad uno stratagemma per utilizzare tutto il potere di produzione (dei macchinari e lavoratori) anche se la domanda per il prodotto standardizzato (motore standard, colore standard, etc. per cui si possono produrre 1200 pezzi invece che poche decine) è molto piccola.

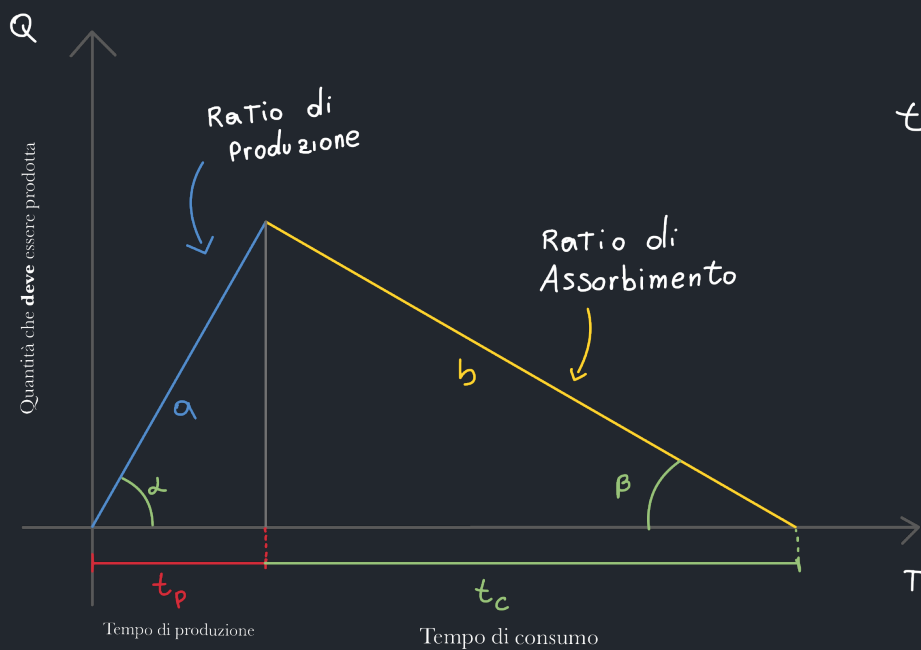
Una produzione viene definita per **lotti** quando la richiesta del bene è **limitata**, ovvero quando la **capacità produttiva** è molto più elevata rispetto alla domanda.

In questo caso non è possibile instaurare una **produzione continua**.

In altre parole: se tutti comprassimo la stessa macchina, la produzione giornaliera di FIAT panda potrebbe essere di 1200 unità al giorno senza l'utilizzo della produzione per lotti N.d.S.

## Quando avviene una produzione per lotti?

Quando la richiesta di un tipo di prodotto è **limitata** rispetto alla **capacità produttiva totale** di tutto il sistema di produzione.



$$\tan \alpha = \frac{\text{Quantità prodotta}}{\text{Tempo di produzione}} = \frac{Q}{t_p}$$

$$\tan \alpha \gg \tan \beta$$

## In cosa consiste la produzione per lotti?

Il sistema produce un insieme di prodotti (in quantità piccola rispetto alla capacità produttiva) che sono tutti caratterizzati dalle stesse qualità (sono identiche).

## Rapporti nella produzione per lotti - la giacenza media

- **Ratio di produzione** che è definito come il rapporto tra la quantità prodotta ed il tempo impiegato a produrli.  
E' dato dalla tangente di  $\alpha$ .
- **Ratio di assorbimento** indica con che velocità i beni vengono chiesti dal mercato.  
E' dato dalla tangente di  $\beta$ .

Possiamo inoltre trovare la **quantità di prodotto realizzata** (giacenza media):

giorni di  
permanenza

$$\underbrace{Q_1}_{\text{giacenza media}} = \underbrace{n_p}_{\text{Caso produzione}} \cdot t_p \quad \Rightarrow \quad n_p = \frac{Q_1}{t_p}$$

Caso produzione

Allo stesso modo la giacenza media può essere calcolata nel caso  
**dell'assorbimento** o consumo:

$$Q_1 = n_p \cdot t_p = \underbrace{n_c \cdot t_c}_{\text{Consumo}}$$

Possiamo inoltre calcolarci il **ratio di produzione** -  $r$ , che finora abbiamo definito come il numero di prodotti diviso il tempo che è necessitato a produrli; di conseguenza possiamo scrivere:

$$r = \frac{n_c}{t_c} \quad \Rightarrow \quad r = \frac{n_p}{t_p} \quad \Rightarrow \quad \frac{n_c}{t_c} = \frac{n_p}{t_p} = r$$

$$\Rightarrow \quad \frac{n_c}{n_p} = \frac{t_c}{t_p} = r$$

Questo modo di calcolare il ratio  $r$  ci torna utile perchè riusciamo a capire il rapporto tra il **ratio di consumo e di produzione**:

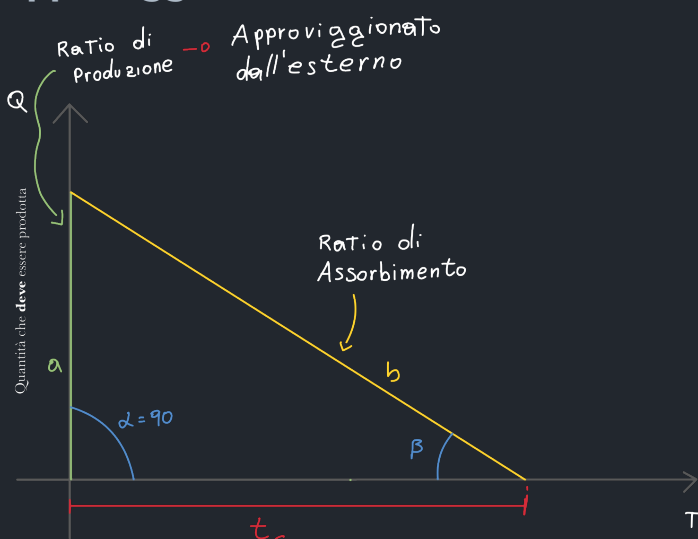
- **$r = 1$**  Il ratio di consumo è uguale a quello di produzione; di conseguenza avremo un grafico di questo tipo:



In questo caso potremmo pensare di progettare una produzione di tipo **continua**, in modo da produrre continuamente l'esatta quantità di quella che viene consumata (venduta).

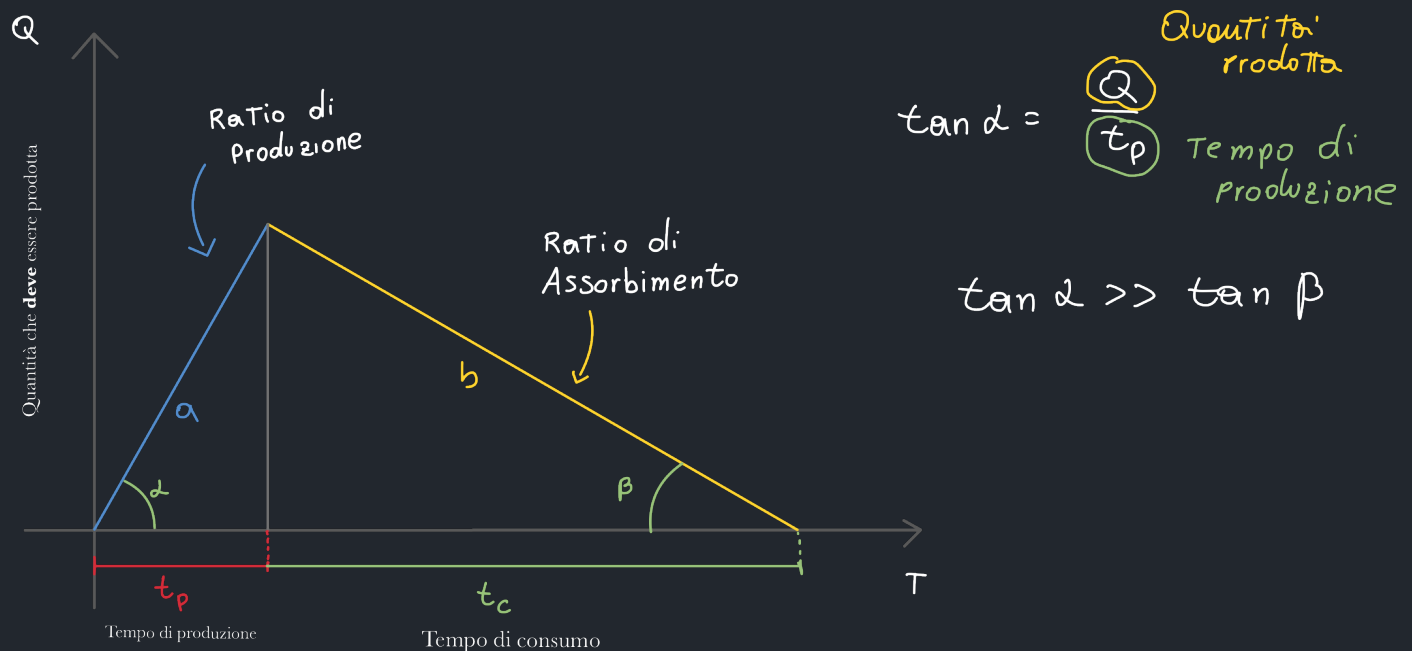
- **$r = 0$**  In questo caso se il ratio è zero vuol dire che **la richiesta di prodotto è troppo alta**, e di conseguenza il tempo di produzione è zero. Se il tempo di produzione è zero allora il **ratio di produzione** (ovvero la quantità di prodotto rispetto al tempo, tempo al denominatore!) sarà **infinito**, ovviamente impraticabile.

Questo cosa vuol dire? **Quando il ratio di produzione è infinito non siamo noi a produrre il prodotto!** Invece di produrlo, il prodotto ci viene **approvvigionato** dall'esterno in un'unica soluzione.



# Tempo (medio) di permanenza di un prodotto a magazzino

Facendo nuovamente riferimento al grafico:



Possiamo calcolare il tempo medio di permanenza andando semplicemente a **calcolare l'area del triangolo** che forma il nostro grafico:

$$A_{\text{Triangolo}} = \frac{b \cdot h}{2} \rightarrow \underline{T_{\text{medio}}} = \frac{Q_1 \cdot t_g(b)}{2}$$

$b = \text{prodotti}$

$h = t_p + t_c$

## Diagramma costi-quantità

E' un diagramma che rapporta i costi alle quantità, che determina **il valore di quella quantità ottima da approvvigionare che minimizzi la somma dei costi di acquisto e di gestione del prodotto a magazzino.**

**Nell'esempio** dell'acqua da comprare al supermercato, compriamo spesso una grande quantità di acqua (ballette di bottiglie) in modo da non dover tornare spesso a comprare un prodotto che sappiamo ci servirà spesso (ne conosciamo la quantità che utilizzeremo). In questo caso il costo è intrinseco e **logistico**: tornando troppe volte al supermercato sprecheremo tempo e combustibile.

Ovviamente potremmo avere anche il problema opposto, ovvero quello di **approvvigionarci troppo**: abbiamo ovviamente dei magazzini in cui andiamo a posizionare i prodotti di cui ci approvvigioniamo; questi magazzini hanno dei **costi** chiamati **C<sub>f</sub> costi di gestione del magazzino** e comprendono:

### Costi fissi

- Oneri assicurativi (atti vandalici, incidenti, etc.)
- Vigilanza
- Ammortamento del magazzino
- Oneri energetici (illuminazione e macchinari)
- Manutenzione

### Costi variabili

- Supponiamo di doverci approvvigionare di **pesce surgelato** : i costi variabili saranno sicuramente collegati alla **conservazione del pesce** : più è pieno il nostro magazzino maggiore saranno i costi; questo perchè un congelatore consuma maggiormente quanto più è colmo.

Un altro costo variabile è sicuramente quello derivabile dall' **obsolescenza del componente** : se ad esempio abbiamo un'azienda che assembla computers, è soggetta a questo problema: una scheda video, ad esempio, diventa obsoleta (o poco appetibile al cliente) anche dopo 1/2 anni; con i processori questo tempo si stringe ancora di più. Non potremo quindi approvvigionarci di troppi componenti, correremo il rischio di ritrovarci con dei componenti in magazzino che non potremo più usare.

- Lo stesso vale per l'industria tessile: queste aziende non possono permettersi di ritrovarsi a fine stagione con dei capi ormai obsoleti: è per questo motivo che moltissime aziende annunciano periodicamente un periodo di saldo.

## Calcolo dei costi

### Costi totali

I costi totali possono essere calcolati andando a sommare i **costi della produzione** ed i **costi del mantenimento del magazzino**; possiamo quindi scrivere:

$$C_{TOT} = C_f + C_M + C_p + C_S$$

Costo unitario di produzione  
costo unitario di Set-up  
Costi fissi    Costi magazzino

I **costi fissi** possono essere espressi mediante una **generica costante k**; i costi di mantenimento dei prodotti nel magazzino, invece, possono essere espressi:

$$C_M = C_p \cdot C_m \cdot \frac{Q_1}{2}$$

Costo manutenim. TOTALE    Costo mantenimento a scorta  
Costo di produzione unitario

Bisogna notare che  $C_m$  è un valore unitario percentuale.

### Costi di produzione totale del lotto

Possiamo calcolare i costi di produzione totali con la formula:

$$[C_p] = \frac{\text{€}}{u} \rightarrow \text{Quanto costa UN prodotto}$$

$$C_{pt} = C_p \cdot D$$

$C_{pt}$  Costo Produz. Totale  
 $C_p$  Costo per unità  
 $D$  Domanda  
Quantità di prodotti per unità di tempo  $\rightarrow D = t_q(\beta)$   
 $[C_{pt}] = \text{€}$

In questo caso compare la **domanda**: essa è il valore che ci dice la **quantità totale di prodotto** che il mercato richiede; non è più un rapporto (rateo) come ad esempio lo era il rateo di assorbimento.

### Costi di preparazione del lotto - set-up

Set-up lotto  
(TOTALE)

$$C_{se} = C_s \cdot \frac{D}{Q}$$

Costo Set-up  
UNITARIO



$C_{sl}$  è il costo di set-up. Inoltre possiamo prendere il **valore medio della domanda** andando a dividere  $D$  per 2 (prendendo quindi il valore medio).

## Lotto ottimo di approvvigionamento

Per poter produrre un lotto di prodotti abbiamo sicuramente bisogno di approvvigionarci di materie prime o sottoprodotti. Per scoprire quanti prodotti dobbiamo ordinare (dobbiamo per forza ordinarli in anticipo perchè l'approvvigionamento richiede tempo!) è necessario effettuare il successivo ragionamento.

La quantità ottima del lotto di componenti da approvvigionare è detta **lotto ottimo di approvvigionamento**; essa è la **quantità ottima che minimizza i costi**.

Possiamo quindi riscrivere i costi totali andando a scrivere le quantità ricavate finora:

$$C_{TOT}(Q_1) = \underbrace{K_1}_{\text{Costi fissi magazzino}} + \underbrace{C_p \cdot D}_{\text{Costo produzione totale}} + \underbrace{C_p \cdot C_m \cdot \frac{Q_1}{2}}_{\text{Costi Variabili magazzino}} + \underbrace{C_{se} \cdot \frac{D}{Q_1}}_{\text{Costo variabile di Set-up}}$$

Se andiamo a **derivare rispetto a  $Q_1$** , otteniamo:

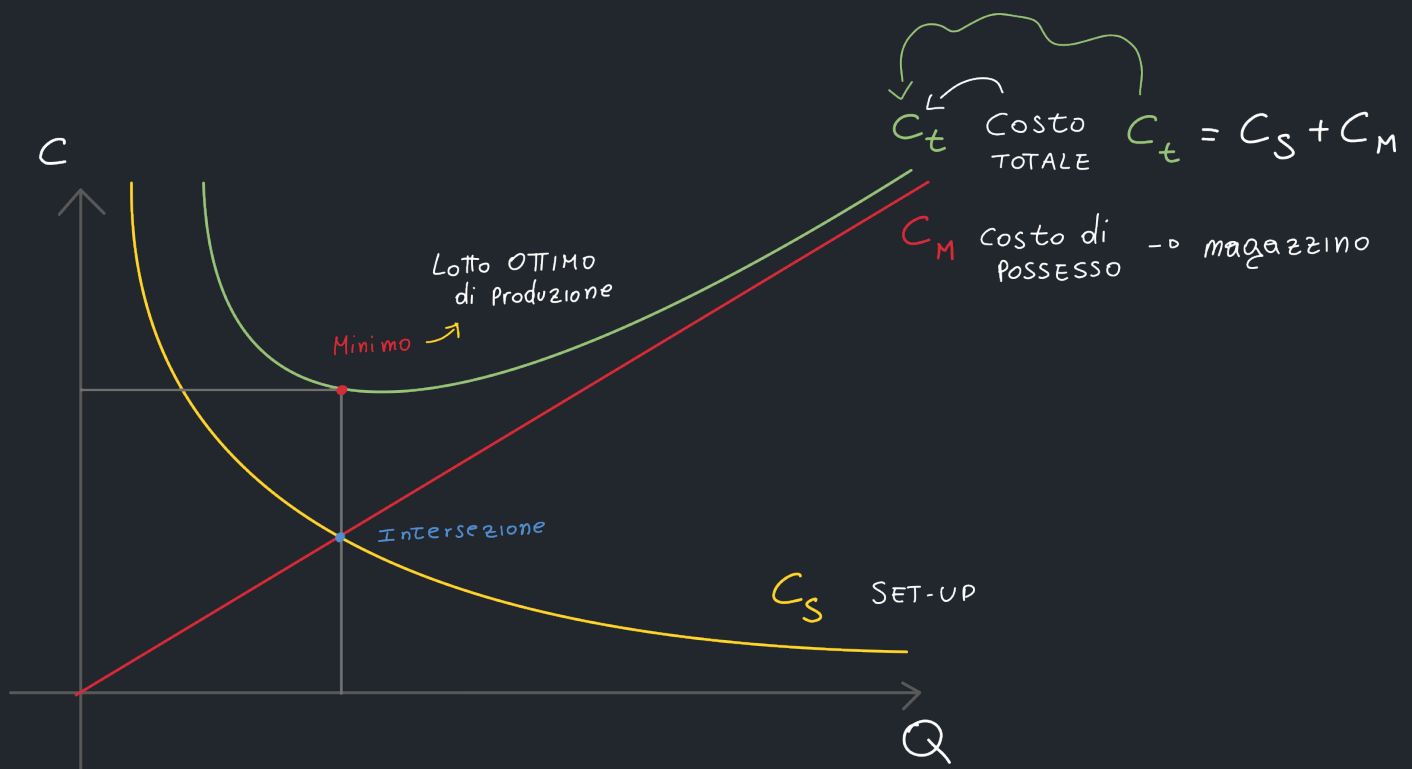
$$\begin{aligned} \text{Derivo rispetto a } Q_1 \quad \Rightarrow \quad C'_{TOT} &= 2_p \cdot C_m + \frac{d}{dQ} \left[ C_{se} \cdot D \cdot Q^{-1} \right] = \\ &= 2_p \cdot C_m + C_{se} \cdot D \cdot (-Q^{-2}) \\ &= 2_p \cdot C_m - \frac{C_{se} \cdot D}{Q^2} \end{aligned}$$

Possiamo **porre uguale a zero** il rate dei costi totali (la derivata dei costi totali) ed **isoliamo Q** in modo da ottenere **il lotto ottimo di produzione / approvvigionamento**:

Pongo  $C'_{TOT} = 0 \rightarrow 2p \cdot C_m - \frac{C_{se} \cdot D}{Q^2} = 0 \rightarrow 2p C_m = \frac{C_{se} \cdot D}{Q^2}$

$$\rightarrow Q^2 = \frac{C_{se} \cdot D}{2p \cdot C_m} \rightarrow Q = \sqrt{\frac{C_{se} \cdot D}{2p \cdot C_m}} \quad \text{Lotto ottimo di produzione}$$

Possiamo **graficare il tutto** per capire meglio cosa stiamo cercando:



Il lotto ottimo di produzione non è altro che il valore della quantità di prodotti  $Q$  corrispondenti **al punto di minimo** del **costo totale** composto dai costi di setup e costi di mantenimento (magazzino); è per questo modo che calcoliamo la derivata (i minimi si calcolano così!).

Potremmo anche non calcolare la derivata andando ad **eguagliare i costi di mantenimento e produzione**, otterremmo lo stesso risultato:

## ALTERNATIVAMENTE

$$\frac{K \cdot Q_1}{2} = \frac{C_{se} \cdot D}{Q_1} \quad \rightarrow \text{Isolo } Q \text{ per il Lotto Minimo}$$

### Minimizzare la quantità di prodotto da ordinare

Quello che le aziende vorrebbero, è quello di massimizzare i guadagni con il minor numero di prodotti, ma se ordiniamo un quantitativo troppo basso di prodotti, il costo di set-up **aumenterebbe** (basta guardare il grafico precedente).

Quello che dovremmo cercare di fare, quindi, è di "portare" tutto il grafico verso l'asse delle y.

1. Potremmo pensare di **ridurre la domanda**, ma ovviamente **non è possibile** farlo, altrimenti i clienti troverebbero un fornitore alternativo.
2. Quello che invece possiamo fare, è di **negoziare costi logistici il più bassi possibili e ridurre i costi di set-up**

## Modelli di gestione delle scorte

---

Possiamo classificare i modelli di gestione delle scorte in due categorie:

- **Deterministici** - tutti i parametri (ovvero la domanda ed il tempo che la merce ordinata impiega ad arrivare - **tempo di riordino**) sono **noti**.
- **Stocastici** - Almeno uno dei due parametri è **aleatorio**.

Un'ulteriore classificazione dei modelli è quella che fa riferimento alla **costanza dei parametri**

- **Statici** - la domanda ed il tempo di riordino non variano nel tempo

- **Dinamici** - un esempio può essere tutti quei prodotti stagionali, in cui la domanda aumenta in certi periodi dell'anno.

Un'ulteriore classificazione è la seguente:

- **Domanda indipendente**
  - **Domanda dipendente** - in cui la domanda è strettamente legata da quella del prodotto finito.
- 

In questo paragrafo analizziamo il **modello di Wilson**, detto anche **Economic Order Quantity - EOQ**: prendiamo in esame un solo prodotto alla volta ed ottimizziamo la funzione costi-quantità.

Ci sono inoltre metodi specifici come il **Material Requirements Planning - MRP**, che pianificano l'acquisizione dei materiali e dei componenti in funzione delle quantità di prodotto da realizzare e dei tempi di disponibilità.

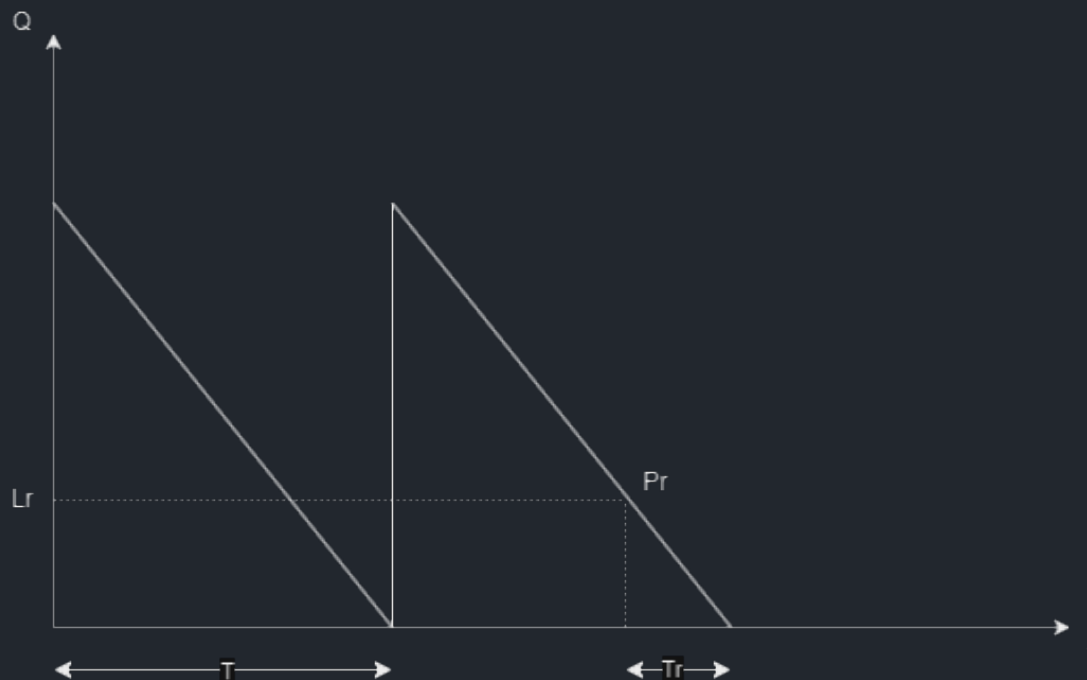
## Modello di Wilson - Modello del lotto economico - DETERMINISTICO

---

- Questo modello prevede il calcolo della **quantità da acquistare** per ogni ordine, che chiameremo  $Q_w = \text{COSTANTE}$ .
- Anche il **tempo** che intercorre tra due arrivi successivi o due emissioni di ordini sarà **costante**; questo tempo viene detto **tempo di turn over** e viene indicato con  $T$  (bisogna notare che questo valore indica strettamente l'intervallo di tempo tra l'emissione di due ordini, e non il **tempo** che impiegano ad arrivare N.d.S).
- La **funzione di assorbimento della scorta  $Q(t)$**  durante il tempo  $T$  **varia linearmente**, normalizzata tra  $Q$  e  $0$ ; di conseguenza la sua media vale  $Q/2$ .
- Chiamiamo **punto di riordino  $P_r$**  il tempo necessario al fornitore per processare l'ordine e farlo giungere a destinazione; la quantità corrispondente è detta **Livello di riordino  $L_r$** .

In altre parole, andando ad emettere l'ordine al tempo di riordino, potremo avere la nuova scorta proprio quando quella in magazzino sarà finita N.d.S.

Possiamo rappresentare graficamente il tutto:

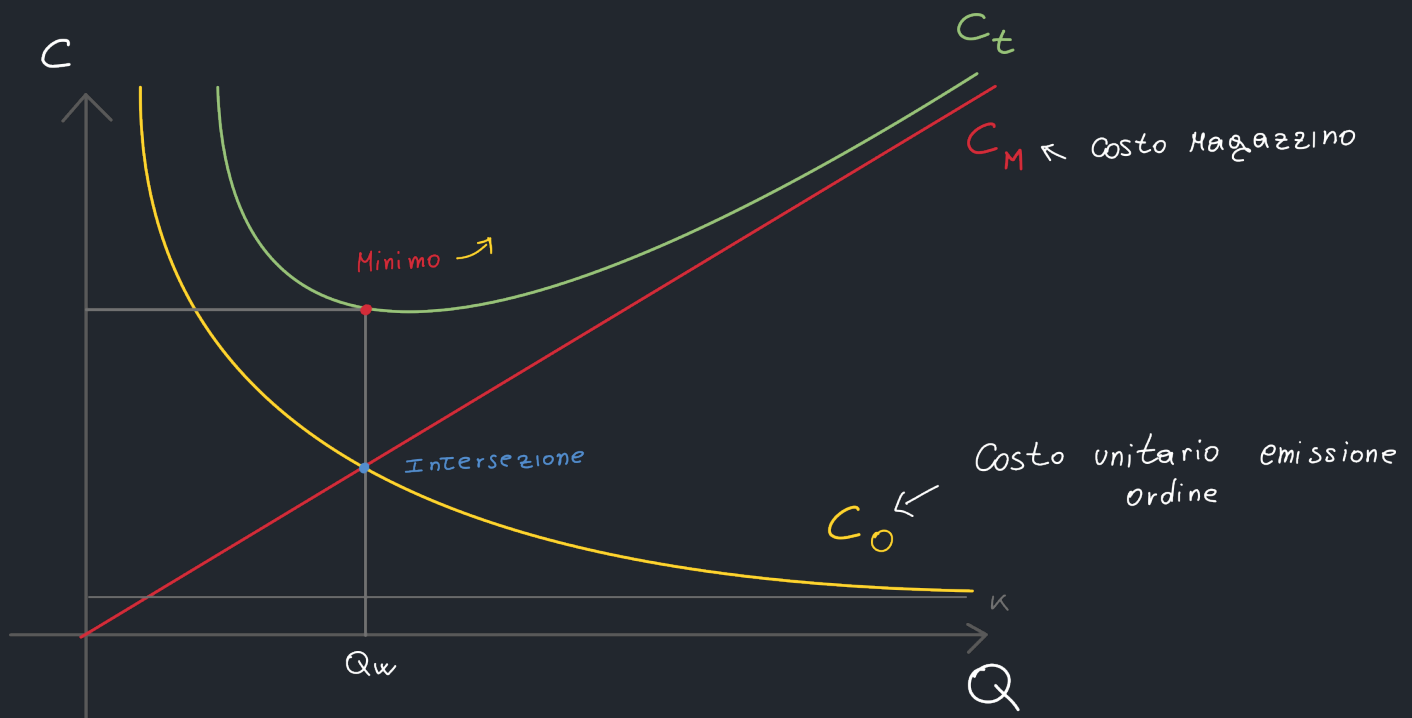


Capiamo quindi che se in un intervallo di tempo avente *ampiezza unitaria* viene consumata una quantità **D** (ovvero la domanda), allora la Quantità **Q** verrà consumata in un tempo **T**:

Se  $D : 1 = Q : T \Rightarrow T = \frac{D}{Q}$

Domanda  
Tempo di TURN OVER

Questo tempo si dice **Tempo di turn Over**, ed è il tempo in cui una certa quantità viene consumata data una domanda D.



Anche in questo caso possiamo trovare la Quantità  $Q_w$  nota come **lotto economico di approvvigionamento - EOQ** andando a derivare l'equazione della curva  $C_t$  e risolvendo per  $C_t' = 0$  (trovo i minimi); l'equazione risultante è:

$$C_T(Q) = C_m + C_o = C_m \cdot \frac{Q}{2} + C_o \cdot \frac{D}{Q} = V \cdot i \cdot \frac{Q}{2} + C_o \cdot \frac{D}{Q} \quad (1)$$

$\downarrow$   
 Valore  $\downarrow$  Coefficiente percentuale  
 $V \cdot i$

-> Derivo (1)

$$\frac{dC_T(Q)}{dQ} = \frac{V \cdot i}{2} - \frac{C_o \cdot D}{Q^2} = 0$$

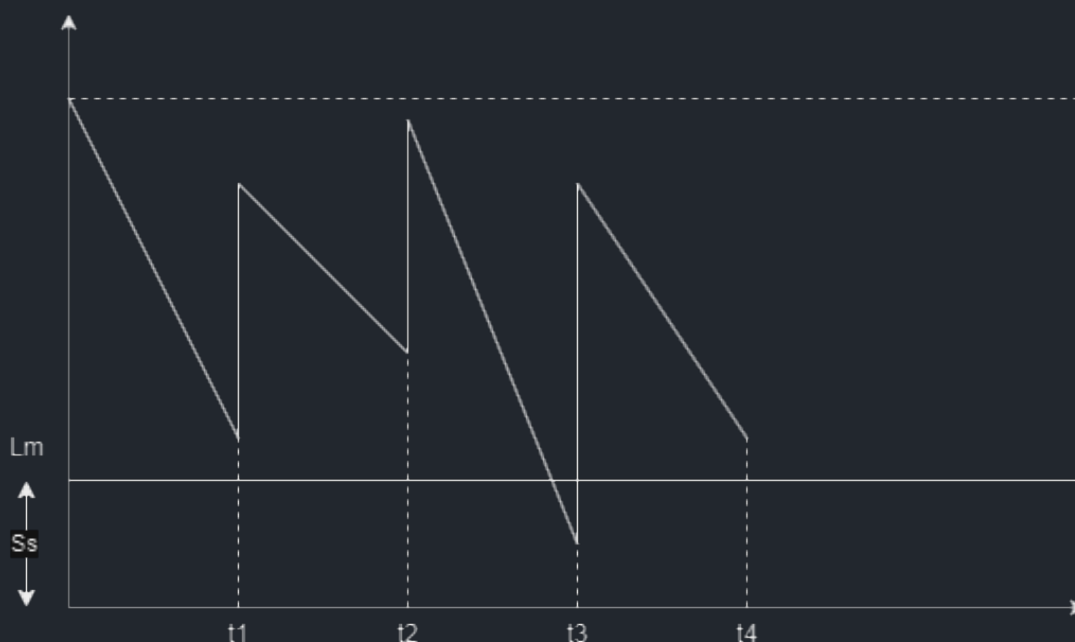
-> Isoloo  $Q$

$$Q = Q_w = \sqrt{\frac{2 D C_o}{V \cdot i}}$$

Formula di Wilson

## Modello del periodo di riordino fisso e scorta di sicurezza

Questo modello consiste nell'effettuare degli **ordini regolari** in modo da **non avere mai la quantità disponibile al di sotto di un Livello minimo  $L_m$** ; il grafico ci chiarisce il concetto:



Possiamo trovare il valore della **scorta di sicurezza  $S_s$**  con la formula:

$$S_s = \underbrace{K}_{\text{Livello di Servizio}} \cdot \left( \underbrace{t_r}_{\text{Tempo Riordino}} \cdot \underbrace{\sigma_d^2}_{\text{Deviazione Standard della DOMANDA}} + \underbrace{\sigma_{t_r}^2}_{\text{Deviazione Standard del TEMPO DI RITORNO}} \cdot \underbrace{d^2}_{\text{Domanda}} \right)^{\frac{1}{2}} \leftarrow \text{Radice}$$

## Diversi tipi di produzione: Push/Pull

Possiamo dare una prima definizione (anche se errata) della differenza tra sistemi Push e sistemi Pull:

I **Sistemi Push** gestiscono i processi **in anticipo** rispetto al fabbisogno dei clienti; potremmo quindi dire che i sistemi di produzione di tipo Push generano prodotti che vengono poi stoccati e solo successivamente venduti (la produzione non proviene da un cliente!), in altre parole **make-to-stock**

I **Sistemi Pull** invece generano prodotti **su ordinazione di un cliente**, e quindi **make-to-order**

Questa definizione molto semplice è tuttavia *parzialmente* sbagliata; la reale definizione è la seguente:

Un sistema di produzione di **tipo Pull** è quel sistema che **limita esplicitamente** la quantità di lavoro in corso (**work-in-progress**, ovvero i prodotto in produzione al momento) che può essere nel sistema.

Un sistema di produzione di **tipo Push** è quel sistema che **non ha limiti espliciti** sul WIP che può essere nel sistema.

## Produzione Push: Material Requirement Planning - MRP

---

L'MRP è una tecnica computerizzata progettata per **migliorare la produttività**: le aziende utilizzano i sistemi MRP per assicurarsi che i **materiali e componenti siano disponibili nelle quantità giuste**; l'MRP viene inoltre usato per **programmare il tempo di consegna dei prodotti**.

L'MRP è uno strumento essenziale per **minimizzare l'investimento di inventario**: esso infatti è utile in fasi di produzione, quando bisogna acquistare materiali e programmarne la consegna.



## Funzioni dell'MRP

1. **Gestione dell'inventario** - L'MRP tiene traccia delle scorte di materie prime, semilavorati e prodotti finiti.
2. **Calcolo delle necessità di materiali** - L'MRP ci permette di determinare **le quantità ed i tempi di rifornimento** dei materiali necessari a soddisfare la domanda.
3. **Pianificazione degli ordini di produzione** - Basandosi sulle quantità di prodotto richiesto, l'MRP **pianifica** gli ordini di produzione, specificando quali prodotti finiti devono essere prodotti ed in quale quantità.

## Input dell'MRP

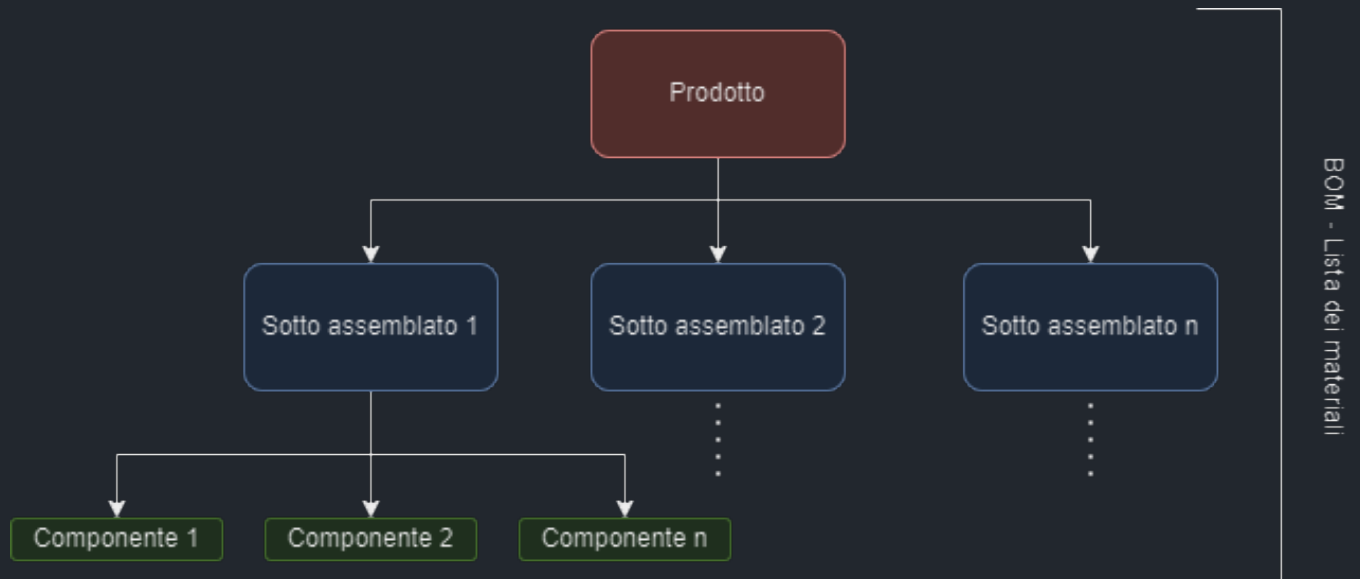
### 1. Master production schedule - piano di produzione

E' una lista che risponde alle domande:

1. Quali prodotti finali devono essere prodotti?
2. Quante copie per prodotto devono essere prodotte?
3. Quando saranno (probabilmente) pronti i prodotti per essere spediti?

### 2. Bill of material file - lista dei materiali

In modo da calcolare i materiali grezzi richiesti per il prodotto finale, l'MRP deve "conoscere" la **struttura del prodotto**. Questa informazione è contenuta nel file della lista dei materiali, che è una **lista di parti di componenti e sotto assemblati** che costituiscono ogni prodotto.



### 3. Inventory Record File - Registro dell'inventario

E' **Obbligatorio** avere dei dati *live* ed *aggiornati* sullo **stato dell'inventario**.

Questo obiettivo è raggiunto utilizzando un **sistema computerizzato di inventario** che aggiorna il registro dell'inventario.

In questo registro bisogna avere il del **lead time** (tempo trascorso tra la richiesta di un prodotto e la sua consegna effettiva) per:

- **Materiali grezzi**
- **Componenti**
- **Assemblaggi**

### Processo dell'MRP

Il processo MRP può essere diviso in **4 step fondamentali**:

#### **Passo 1 - stabilire la domanda ed i materiali richiesti per soddisfarla**

Lo step iniziale dell'MRP è proprio quello di effettuare una **stima** della domanda e dei **requisiti** richiesti per soddisfarla.

Usando la lista dei materiali (che comprende una lista di materiali grezzi, assemblaggi e componenti richiesti per fabbricare il prodotto finale), **l'MRP suddivide la richiesta in specifici materiali grezzi e componenti.**

## **Passo 2 - Verificare la domanda rispetto all'inventario e assegna le risorse**

Questo passo comprende il controllo della domanda rispetto a **quello che già abbiamo in inventario**; successivamente l'MRP distribuisce le risorse di conseguenza.

## **Passo 3 - Programmazione della produzione**

Questo passo comprende semplicemente il **calcolo del tempo e lavoro** richiesto per fabbricare il prodotto; inoltre viene **stabilita una deadline (scadenza).**

## **Passo 4 - Monitorare il processo**

Il passo finale è semplicemente quello di **monitorare il progetto alla ricerca di un qualsiasi problema**: l'MRP può **automaticamente notificare i managers** di eventuali ritardi ed addirittura **suggerire piani** in modo da rispettare le scadenze.

## **Output dell'MRP**

L'MRP genera una grande varietà di outputs che possono essere utilizzati nella **pianificazione e gestione delle operazioni**; questi output comprendono:

### **Outputs primari**

- **Avviso di rilascio ordine** - Per effettuare gli ordini che sono stati pianificati nel processo MRP.
- **Avviso di ri-pianificazione o cancellazione** - Mostra la ri-pianificazione o la cancellazione degli ordini aperti a causa di una modifica nel piano di produzione

principale.

- **Report sullo stato dell'inventario.**

## Output secondari

- **Rapporto sulle performance di vario tipo** - Indicazione dei costi, utilizzo degli articoli, tempi di consegna effettivi rispetto a quelli pianificati, ecc.
- **Rapporti di aspettative** - Mostrano le deviazioni dal programma, gli ordini in ritardo, gli scarti e così via.
- **Previsioni dell'inventario** - Indicano i livelli di inventario previsti nei periodi futuri.

## Pro e contro dell'MRP

### PRO

- Avere la certezza che materiali e componenti saranno disponibili quando serviranno.
- Minimizzare i livelli di magazzino e costi associati, ovvero **mantenere solo le quantità necessarie** di materiali e prodotti finiti per soddisfare la domanda dei clienti senza accumulare eccessi di inventario.
- Gestione ottimizzata dell'inventario.
- Ridurre il Lead Time del cliente.

### CONTRO

- I sistemi MRP possono a volte essere difficili e costosi da implementare
- Bassa flessibilità: siccome l'MRP richiede degli input ben strutturati, se anche solo uno o due input sono inaccurati, gli errori si moltiplicano negli stadi più avanzati.

## **Il Capacity Requirement Planning**

Il CRP è una componente chiave dell'MRP (Material Requirements Planning) e si occupa della pianificazione delle risorse di produzione, come macchinari, attrezzature, manodopera e tempo, per garantire che siano adeguati per soddisfare le necessità di produzione.