

TIPI DI PRODUZIONE

Per PRODUZIONE s'intende l'insieme delle lavorazioni, dei controlli, dei montaggi necessari alla realizzazione di un particolare o di un complessivo.

La produzione può essere attuata: A LOTTI o IN SERIE.

Si ha la PRODUZIONE A LOTTI quando questa viene attuata scaglionandola in quantitativi definiti di pezzi.

Il LOTTO è il numero di pezzi da produrre consecutivamente entro una data scadenza.

Questo tipo di produzione si può attuare

- Quando la COMMESSA, cioè l'ordine con il quale viene richiesto un certo quantitativo di pezzi, è piccola rispetto alla capacità produttiva dello stabilimento, l'impresa effettuerà le lavorazioni di lotti di altri prodotti programmandole in modo da non rimanere inattiva e rispettare le consegne richieste.
- Quando pur essendo in presenza di molti pezzi da fabbricare (SERIE), si procede alla suddivisione della serie in tanti lotti, messi in produzione a scadenze fisse (semestrali, annuali), o per rendere possibile eventuali modifiche dei pezzi dopo periodiche revisioni, o in base a calcoli di convenienza economica. In questo caso si parla di **LOTTI RIPETUTI**. La preparazione macchine e la riorganizzazione della produzione, quando si passa da un lotto a un altro, può richiedere notevole tempo e lavoro complesso: l'impresa deve studiare se ha più convenienza a produrre parecchi piccoli lotti consegnati subito, appena finiti, oppure lotti più grandi addossandosi i costi della giacenza a magazzino e degli interessi passivi sul capitale investito.

NOTA: *i pezzi di uno stesso lotto sono fra di loro intercambiabili, ma non è detto che siano intercambiabili con i pezzi di un altro lotto.*

Si ha la PRODUZIONE IN SERIE quando il numero di pezzi da produrre è elevato e i lotti si ripetono consecutivamente uguali nel tempo.

In base alla quantità da produrre e all'impegno di lavoro si dice che la **produzione è di piccola, media o grande serie**.

Di solito la produzione di *grande serie* è *ininterrotta e si ha un flusso continuo di pezzi*: si individuano ancora i lotti, ma allo scopo di facilitare i bilanci economici dato che (ricordare che la produzione si svolge in un lungo periodo) per ogni lotto possono variare i costi di materia prima, di manodopera,e possono essere state apportate modifiche al ciclo di lavorazione.

NOTA: *i pezzi di una serie sono fra di loro completamente intercambiabili, dal primo all'ultimo.*

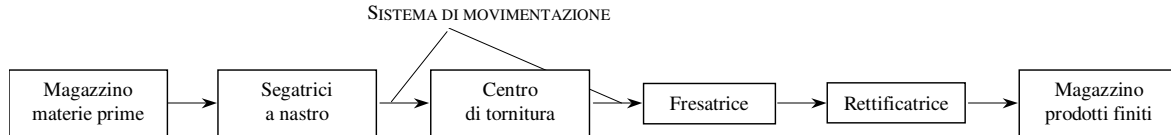
La scelta tra lavorazioni a lotti o in serie è legata al tipo di prodotto:

- ✓ navi, macchine utensili speciali, turbine sono prodotti o in pezzi unici o a piccoli lotti;
- ✓ auto, elettrodomestici, cuscinetti, ... sono fabbricati in serie perché i quantitativi richiesti permettono di organizzare la produzione con macchine automatiche, attrezzature speciali e manodopera ridotta contenendo i prezzi di costo.

La LINEA DI PRODUZIONE è una successione ordinata di posti di lavoro dove la successione delle lavorazioni può essere realizzata: **IN LINEA** o **NEI REPARTI**.

LA LAVORAZIONE È IN LINEA quando le macchine sono collocate in officina, una dopo l'altra, nella stessa successione indicata nel ciclo.

Esempio



In questo caso il materiale fluisce con continuità tra una macchina e la successiva collegate tra loro da sistemi di movimentazione continui (vie a rulli, trasportatori aerei, ...). Affinché questo sia realizzabile è necessario che le varie unità produttive abbiano tempi di lavoro (CADENZA) simili, in modo che i materiali possano avanzare con continuità.

Il sistema di produzione in linea è adatto per produzioni che si protraggono per lungo tempo, sono di grande serie e il flusso dei pezzi è continuo.

Un processo produttivo si dice a FLUSSO CONTINUO quando attua un solo ciclo di lavorazione per un lungo periodo. Nel caso di produzione in linea l'impianto si comporta come se fosse un'unica macchina: **il guasto di una macchina arresta tutta la linea di produzione**. Sono continui gli impianti siderurgici, le linee di montaggio di automobili o elettrodomestici, i treni di laminazione,...

Gli ASPETTI ECONOMICI FONDAMENTALI di un impianto a flusso continuo sono:

- elevata produttività e quindi bassi costi unitari
- trasporti interni ottimizzati per cui la loro influenza sul costo unitario è bassa
- scarsa flessibilità, quindi cambiando tipo di produzione è necessario rieseguire il LAY-OUT più o meno completo della linea, cioè si deve cambiare la disposizione delle macchine costituenti la linea. Si verifica quindi un'elevata produttività a danno della flessibilità.

La FLESSIBILITÀ esprime la capacità di passare, su una stessa macchina o su un impianto, da un prodotto a un altro, con bassi costi di allestimento.

Nella programmazione della linea si deve cercare di SATURARE ogni posto di lavoro, cioè uguagliare il tempo impiegato per una data operazione al tempo di linea, ovvero alla cadenza. Ciò si attua cercando di uniformare la produzione tra i vari posti di lavoro rendendone simili i tempi di lavorazione e riducendo al minimo i relativi tempi inattivi. Le possibili soluzioni sono:

- ✓ mettere più macchine dello stesso tipo nei posti di lavoro sovraccarichi, cioè per quelle lavorazioni che richiedono tempi di operazione maggiori rispetto alle altre;
- ✓ effettuare più turni di lavoro sulla macchina sovraccaricata (straordinario), mentre il resto della linea lavora per un solo turno;
- ✓ lasciare parzialmente inattivo un posto di lavoro;
- ✓ far eseguire in un posto di lavoro anche un'altra lavorazione, compiuta nel tempo che altrimenti rimarrebbe inutilizzato.

Esempio di calcolo per la saturazione macchine.

Per un ciclo di lavorazione sono previste le seguenti operazioni (**la lavorazione è in linea**)

OPERAZIONE	TEMPO (min)
10 - Taglio spezzoni	2,00
20 - Tornitura	15,90
30 - Fresatura	10,00
40 - Rettifica	20,40

Si deduce che il massimo impegno di lavoro è quello della rettificatrice, perché il tempo dell'operazione 40 è il più grande (CADENZA), mentre le altre macchine sono impiegate per un tempo minore.

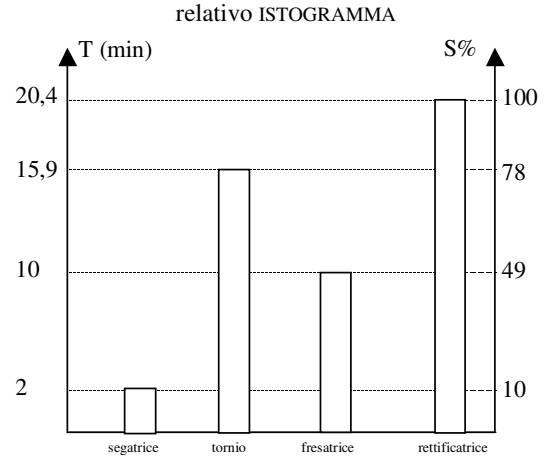
☞ Si chiama SATURAZIONE l'occupazione percentuale di una macchina rispetto a quella il cui tempo di occupazione è massimo.

Pertanto, per la macchina i-esima, il cui tempo d'occupazione è T_i , si calcola la saturazione S_i con la seguente relazione:

$$S_i = \frac{T_i}{T_{\max}} \times 100$$

Nel nostro caso le saturazioni delle singole macchine risultano:

SEGATRICE	$S_{10} = \frac{2}{20,4} \times 100 = 10\%$
TORNIO	$S_{20} = \frac{15,9}{20,4} \times 100 = 78\%$
FRESATRICE	$S_{30} = \frac{10}{20,4} \times 100 = 49\%$
RETTIFICATRICE	$S_{40} = \frac{20,4}{20,4} \times 100 = 100\%$



Da cui si nota che sia la fresatrice sia la segatrice hanno basse saturazioni. Si deve cercare di elevarle con uno dei modi visti in precedenza. Supponiamo di volerlo fare inserendo più macchine per ogni stazione di lavoro.

Poiché la cadenza di 20,40 min è data dalla rettificatrice, si può pensare di introdurre nella linea due rettificatrici. In tal modo:

- ✓ dalle rettificatrici esce un pezzo ogni $20,4/2 = 10,2$ min
- ✓ la cadenza di 15,9 min è determinata dal tornio (adesso è la macchina col massimo impegno di lavoro)
- ✓ le nuove saturazioni risultano

$$S_{10} = \frac{2}{15,9} \times 100 = 13\%, \quad S_{20} = \frac{15,9}{15,9} \times 100 = 100\%, \quad S_{30} = \frac{10}{15,9} \times 100 = 63\%, \quad S_{40} = \frac{10,2}{15,9} \times 100 = 64\%$$

La saturazione delle macchine si può migliorare inserendo nella linea due torni e procedendo in modo analogo si calcolano le nuove saturazioni.

Procedendo in modo analogo si arriva ad un buon bilanciamento della linea inserendo:

tre torni	$S_{20} = \frac{15,9/3}{5,3} \times 100 = 100\%$	$T_{20} = 5,3 \text{ min} = 15,9/3$	CADENZA
due fresatrici	$S_{30} = \frac{10/2}{5,3} \times 100 = 94\%$	$T_{30} = 5,0 \text{ min}$	
quattro rettificatrici	$S_{40} = \frac{20,4/4}{5,3} \times 100 = 96\%$	$T_{40} = 5,1 \text{ min}$	
una segatrice	$S_{10} = \frac{2}{5,3} \times 100 \cong 38\%$	$T_{10} = 2,0 \text{ min}$	

Nell'ipotesi che la linea di produzione in esame resti in funzione 6 h effettive su 8 h lavorative (occorre togliere tempi per avviamento macchine, pausa pranzo, pulizia macchine a fine turno), da una produzione iniziale, **senza alcun bilanciamento** di

$$\frac{\text{min uti giornata lavorativa}}{(T_{\text{operazione}})_{\text{MAX}}} = \frac{(6 \times 60) \text{ min}}{20,40 \text{ min}} = 17,64 \rightarrow 17 \frac{\text{pezzi}}{\text{giorno}}$$

si è passati, **dopo il bilanciamento**, a una produzione di

$$\frac{(6 \times 60) \text{ min}}{5,3 \text{ min}} = 67,9 \rightarrow 67 \frac{\text{pezzi}}{\text{giorno}}$$

Si potrebbe ulteriormente migliorare il bilanciamento della linea, abbassando la cadenza a 5 min, facendo eseguire lavoro straordinario agli operatori delle macchine dove il tempo d'operazione è maggiore di 5 min: **tornio e rettificatrice**.

Con la cadenza di 5 min LA PRODUZIONE GIORNALIERA vale

$$\frac{(6 \times 60) \text{ min}}{5 \text{ min}} = 72 \frac{\text{pezzi}}{\text{giorno}}$$

✓ In tal caso il LAVORO STRAORDINARIO richiesto per la **tornitura** vale

$$(5,3 - 5) \text{ min} \times 72 \frac{\text{pezzi}}{\text{giorno}} = 21,6 \frac{\text{min}}{\text{giorno}}$$

Si possono far lavorare: i tre torni per 21,6 min in più al giorno oppure
solo un tornio per $21,6 \times 3 = 64,8$ min in più al giorno

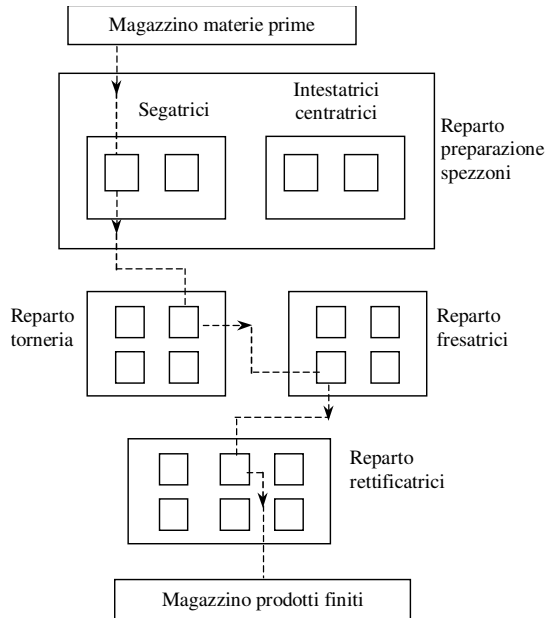
✓ Mentre il LAVORO STRAORDINARIO richiesto per la **rettifica** vale

$$(5,1 - 5) \text{ min} \times 72 \frac{\text{pezzi}}{\text{giorno}} = 7,2 \frac{\text{min}}{\text{giorno}}$$

Si possono far lavorare: le quattro rettificatrici per 7,2 min in più al giorno oppure
solo una rettificatrice per $7,2 \times 4 = 28,8$ min in più al giorno

Per migliorare la saturazione della segatrice (38%) si potrebbe utilizzare la macchina anche per il taglio di spezzoni relativi ad un altro ciclo di lavorazione.

LA LAVORAZIONE È NEI REPARTI quando le macchine sono fisse nei propri reparti e il materiale, subita una lavorazione in un reparto, viene trasportato nel reparto successivo per essere sottoposto ad altra lavorazione secondo quanto indicato nel ciclo di lavorazione.



L'officina è suddivisa in zone, con pareti o anche idealmente, in ognuna delle quali si compiono determinati tipi di lavorazione.

I tempi di lavoro delle varie unità produttive possono essere anche diversi tra loro. *Il flusso dei pezzi può essere intermittente* e sono possibili soste in magazzino tra le varie operazioni del processo di lavorazione.

Le macchine dello stesso tipo sono sistemate vicine tra loro, in modo che un operatore possa seguire, se occorre, due o più macchine o sostituirsi uno all'altro.

Una macchina non è adibita esclusivamente e sempre ad eseguire lo stesso pezzo: finito un lotto passerà alla lavorazione di altri pezzi anche molto diversi.

Un processo produttivo si dice a **FLUSSO INTERMITTENTE** (o **DISCONTINUO**) quando, di volta in volta, si destinano le macchine a una produzione diversa per un periodo di tempo prestabilito. Vengono realizzati più articoli diversi e quindi nello stesso gruppo di macchine si svolgono lavorazioni diverse; pertanto si preferiscono quelle ad elevata flessibilità (**macchine a CNC**).

È importante che nessuna macchina, per quanto possibile, rimanga inattiva; occorre ripartire e programmare il lavoro dei vari reparti e delle loro macchine, compito affidato normalmente ad apposito personale dell'ufficio produzione. La visualizzazione grafica della distribuzione del lavoro nelle varie macchine è detta **DIAGRAMMA DI CARICO MACCHINE** o di **GANTT**.

Nel caso di lavorazione nei reparti la produzione può essere realizzata fondamentalmente in due modi.

- **PRODUZIONE CON FLUSSO DEL LOTTO TOTALE:** si lavorano tutti i pezzi del lotto su una macchina, poi l'intero lotto passa ad un'altra macchina o reparto per subire la successiva lavorazione e così via.
- **PRODUZIONE CON FLUSSO DI SOTTOLOTTI:** si divide il quantitativo dei pezzi del lotto in un certo numero di sottolotti che vengono spostati indipendentemente da un reparto all'altro non appena uno di essi è finito, in modo che l'ultimo sottolotto arrivi al reparto successivo proprio quando lì si è finita la lavorazione del penultimo lotto. In tal modo si ha una stretta concatenazione delle lavorazioni che deve essere accuratamente programmata col diagramma di Gantt, ma che offre i seguenti vantaggi:
 - ✓ i pezzi sono pronti ad una data anteriore a quella che sarebbe possibile con il flusso del lotto totale (miglior utilizzo del capitale impegnato);
 - ✓ il deposito presso le macchine e il trasporto dei pezzi danno meno problemi perché i sottolotti sono meno ingombranti e i contenitori più maneggevoli;
 - ✓ i primi pezzi del primo sottolotto, in alcuni casi, possono essere pronti quando gli ultimi pezzi del lotto non sono ancora in lavorazione: il controllo del pezzo finito può mettere in luce imperfezioni che possono essere corrette.

Esempio di diagramma di carico macchine.

Si deve eseguire la produzione di un lotto di 500 pezzi con **lavorazione nei reparti**.

Per il ciclo di lavorazione sono previste le seguenti operazioni

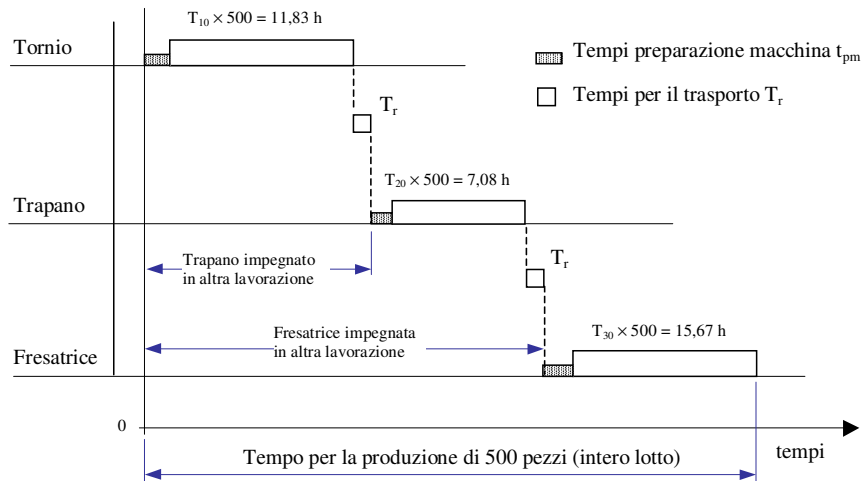
OPERAZIONE	TEMPO (min)
10 - Tornitura	1,42
20 - Foratura	0,85
30 - Fresatura	1,88

Si esegue il diagramma di carico macchine nei due casi di produzione con flusso totale e di produzione con flusso di sottolotti per effettuarne il confronto.

1°CASO: produzione con flusso del lotto totale

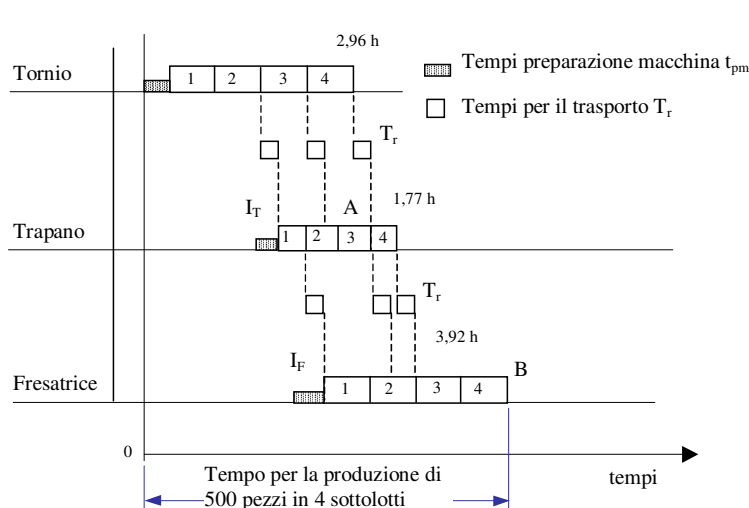
Al tornio vengono lavorati tutti i 500 pezzi che poi vengono trasportati tutti insieme al trapano per la successiva lavorazione e così via.

Dal diagramma di carico macchine si può rilevare l'avanzamento del lavoro e il tempo per la produzione del lotto.



2°CASO: produzione con flusso di sottolotti (4 sottolotti ognuno di 125 pezzi)

I sottolotti vengono spostati indipendentemente da un reparto all'altro non appena uno di essi è finito.



Quando al trapano arriva il 4° sottolotto dal tornio, al trapano devono già essere stati lavorati i sottolotti precedenti. Individuando il punto A si procede a ritroso e conoscendo i tempi $T_{20} \times 500/4 = 1,77$ h si risale al tempo d'inizio della lavorazione al trapano (punto I_T).

In questo caso conviene mandare il 1° sottolotto finito al trapano, subito alla fresatrice, individuando il punto I_F e, conoscendo i tempi $T_{30} \times 500/4 = 3,92$ h determinare il punto B di fine lavorazione.

Nei due casi i tempi di produzione sono uguali, ma sovrapponendo le lavorazioni (CONCATENAMENTO DELLE MACCHINE o DELLE LAVORAZIONI) i pezzi saranno pronti ad una data anteriore a quella che sarebbe possibile con il flusso del lotto totale.