



# Dimensionamento linee assemblaggio

# Linea di montaggio

- Nella linea le stazioni di montaggio sono messe in successione e l'assieme "cresce" spostandosi da una stazione alla successiva fino ad uscire completo dall'ultima stazione



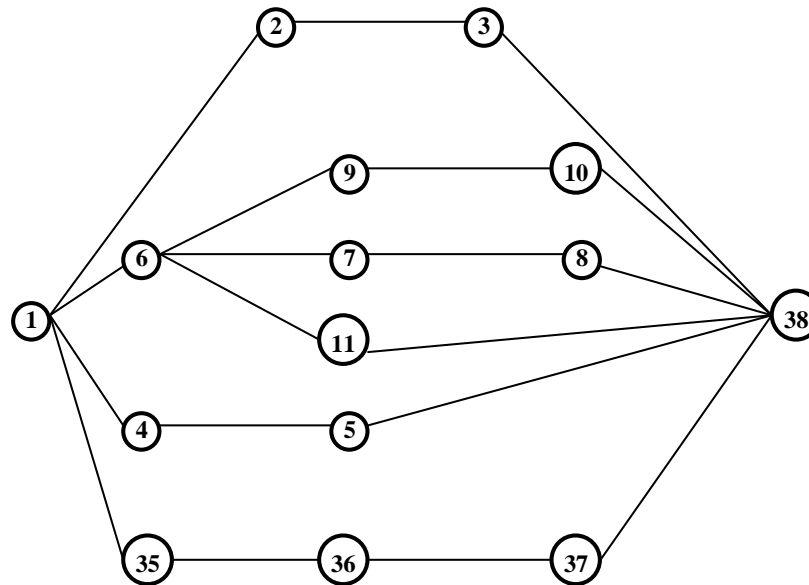



# Dimensionamento di una linea di montaggio

- Progettare una linea di montaggio significa allocare le operazioni di montaggio alle singole stazioni
- La progettazione è un processo generativo, poiché una volta istituita una stazione ed inserite le operazioni da fare al suo interno, se ne deve istituire un'altra e così via di seguito fino all'esaurimento delle operazioni da allocare
- Fasi della progettazione di una linea di montaggio (manuale)
  - Definizione del grafo di montaggio
  - Predeterminazione dei tempi di esecuzione delle singole operazioni
  - Definizione del tempo di ciclo
  - Bilanciamento della linea
  - Dimensionamento della manodopera

# Dimensionamento di una linea di montaggio

- Definizione del grafo di montaggio
  - Definizione delle operazioni e delle relative precedenze





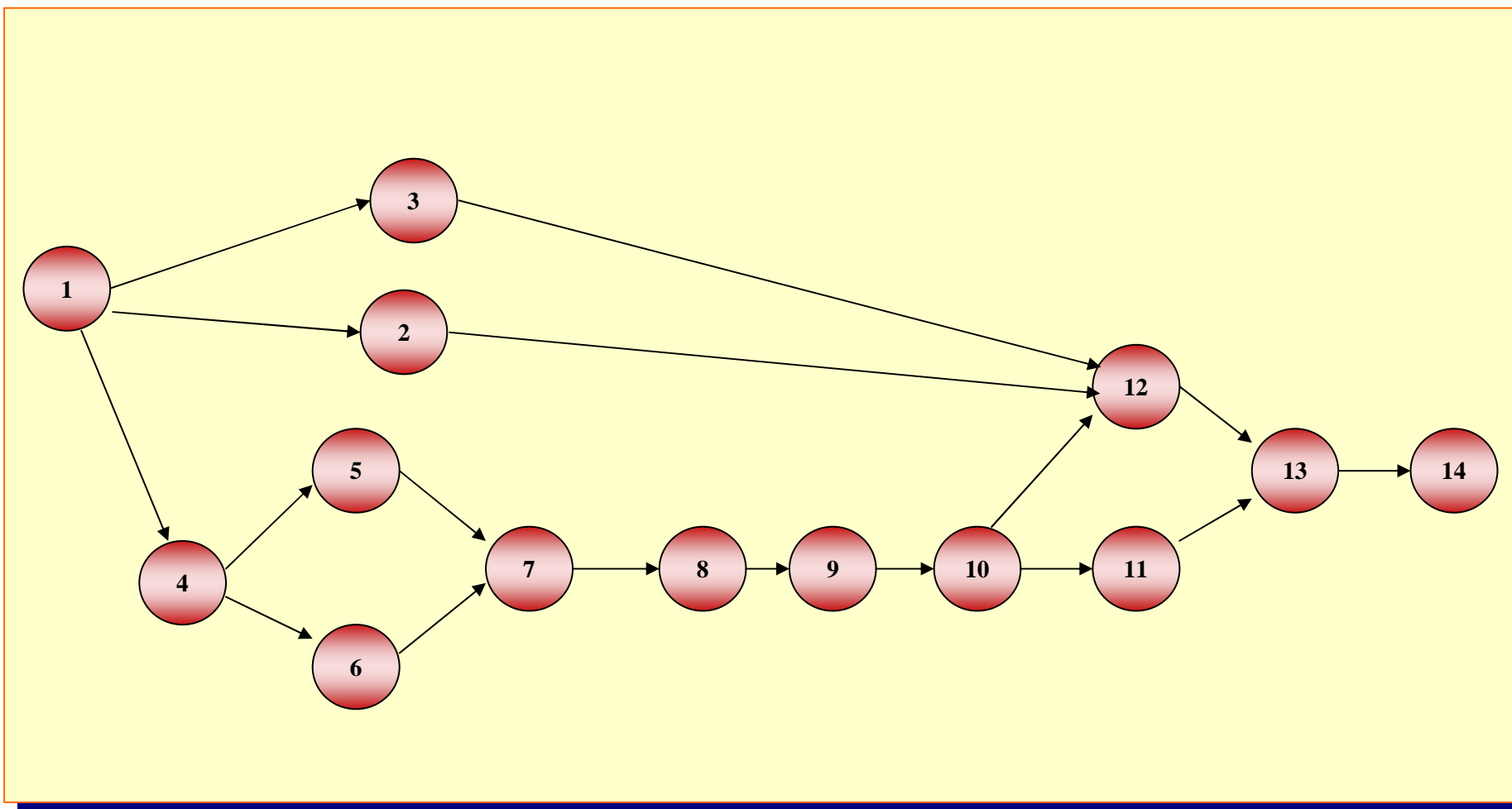
# Ciclo e grafo di montaggio

- Il ciclo di montaggio può essere rappresentato su una tabella che contiene la lista delle operazioni di montaggio, ciascuna corredata delle informazioni tecniche rilevanti.
- In particolare è indicata la lista delle precedenze, che individuano la migliore sequenza di operazioni di montaggio realizzabile in funzione dell'attrezzatura a disposizione e della tipologia di assemblaggio scelta.
- Il grafo di montaggio rappresenta sinteticamente il ciclo, e consente di visualizzare la sequenza con cui le operazioni di montaggio vanno realizzate.

## Ciclo di montaggio di un proiettore automobilistico

<b>Op.</b>	<b>Descrizione (proiettore automobilistico)</b>	<b>Prec.</b>	<b>[min]</b>
1	Collocare corpo proiettore su staffa supporto	-	0,7
2	Montare su corpo proiettore supporti fissi e perno	1	2,3
3	Montare su corpo proiettore supporto regolabile con tiranteria	1	4,2
4	Montare su corpo proiettore i contatti elettrici per innesto lampade	1	1,6
5	Montare su retro proiettore innesto rapido cavetteria alimentazione lampade	4	1,9
6	Montare e fissare parabola alluminata su corpo	4	1,4
7	Innestare lampada in sede	5,6	0,6
8	Prova elettrica proiettore	7	1,5
9	Deporre colla sigillante su parabola e lente	8	1,2
10	Incollaggio lente su parabola ed essiccazione colla	9	6,0
11	Prova tenuta proiettore	10	3,0
12	Prova assetto proiettore e regolazione fascio luminoso	2,3,10	4,5
13	Confezionamento in sacchetto di plastica	11, 12	0,4
14	Confezionamento in scatola cartone ondulato	13	0,7
	<b>Totale</b>		<b>30,0</b>

# Grafo di montaggio di un proiettore automobilistico





# Indicazioni per la stesura del grafo

La stesura del grafo deve rispettare i seguenti vincoli:

- Legami fisici di precedenza tra le varie operazioni, dovuti al fatto che l'operazione  $i+1$  può essere realizzata solo se l'operazione  $i$  è stata svolta
- Vincoli pratici che rendono più facilmente realizzabile una certa sequenza anziché un'altra, legati ad esempio:
  - All'alimentazione dei particolari alla linea
  - Alla necessità di ridurre gli ingombri degli assiemi sino alle stazioni terminali della linea
  - Alla impossibilità di duplicare attrezzature o postazioni
  - Alla minimizzazione del rischio di danneggiamento delle parti estetiche o delicate





# Dimensionamento di una linea di montaggio

- Predeterminazione dei tempi di esecuzione delle singole operazioni
  - Cronometraggio di più ripetizioni della medesima operazione
  - Scomposizione di ogni operazione in attività elementari e misurazione dei loro tempi di esecuzione – Motion Time Measurement (MTM)



# Dimensionamento di una linea di montaggio

## ■ Definizione del tempo di ciclo

- Il tempo di ciclo  $T_c$ , in fase di progettazione, deve essere calcolato come

$$T_c = H_d/V$$

dove:

- $H_d$  = ore annue disponibili (ore/anno)
  - $V$  = volume annuo di produzione richiesto (unità/anno)
- 
- Si noti che  $H_d = H_a * C_{ip}$  nelle linee manuali, in quanto le ore annue di apertura della linea ( $H_a$  = ore annue di lavoro) sono ridotte di un coefficiente di sicurezza ( $C_{ip}$ ) che tiene conto degli imprevisti del personale



# Dimensionamento di una linea di montaggio

## ■ Definizione del tempo di ciclo

- Il tempo di ciclo  $T_c$ , in fase di progettazione, deve essere calcolato come

$$T_c = H_d/V$$

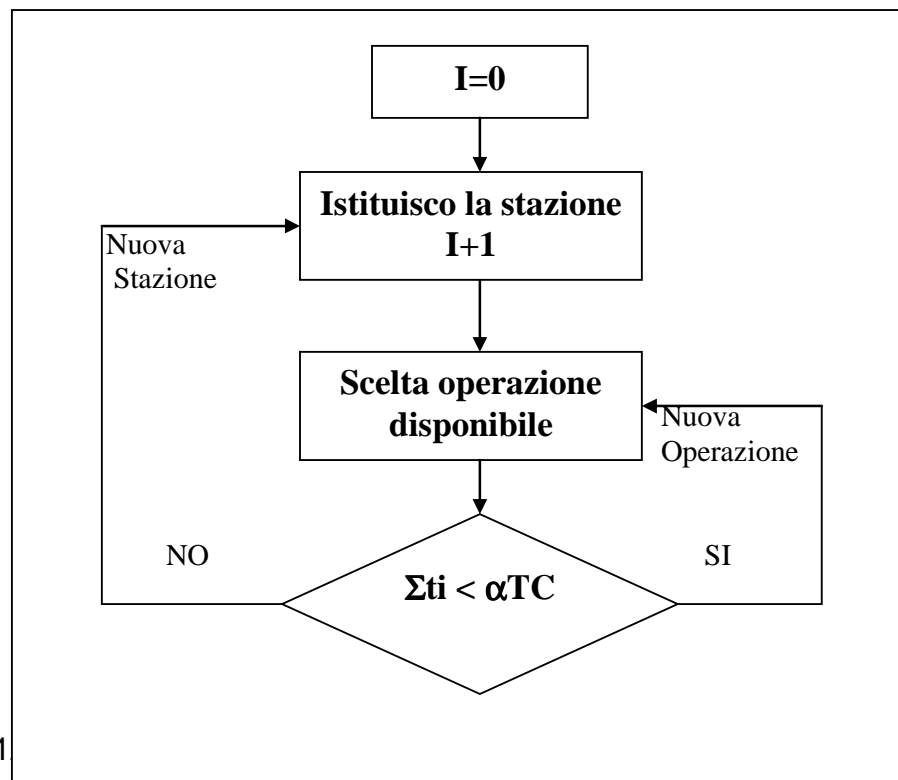
dove:

- $H_d$  = ore annue disponibili (ore/anno)
  - $V$  = volume annuo di produzione richiesto (unità/anno)
- 
- Si noti che  $H_d = H_a * C_{ip}$  nelle linee manuali, in quanto le ore annue di apertura della linea ( $H_a$  = ore annue di lavoro) sono ridotte di un coefficiente di sicurezza ( $C_{ip}$ ) che tiene conto degli imprevisti del personale

# Dimensionamento di una linea di montaggio

## ■ Bilanciamento della linea

a) Metodo del massimo grado di saturazione imposto



**Numero minimo di stazioni**

$$N_{\min} = \left\lceil \frac{\sum_{j \in I} T_j}{TC \cdot \alpha} \right\rceil^+$$

**Tempo ammissibile**

$$TA = \alpha \cdot TC$$

**Dove:**

- $T_j$  : tempo completamento op. j
- $A$ : massimo grado di saturazione
- $I$ : insieme di tutte le operazioni

**Su ogni stazione S dovrà risultare**

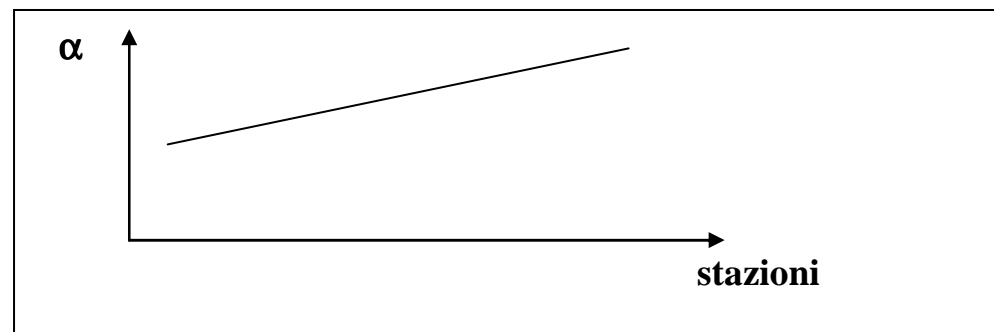
$$\sum_{i \in S} t_i \leq TA$$

# Dimensionamento di una linea di montaggio

## ■ Bilanciamento della linea

□ Necessita di una opportuna scelta del tasso di saturazione  $\alpha$ :

- $\alpha$  piccolo = molte stazioni e bassa probabilità di generare incompleti
- $\alpha$  elevato = meno stazioni ma più alta probabilità di generare incompleti





# Dimensionamento di una linea di montaggio

- Bilanciamento della linea

- Non fornisce una soluzione univoca, in quanto la scelta di quale operazione tra quelle disponibili assegnare alla stazione corrente può essere fatta in relazione a differenti criteri.
- Una possibile scelta è quella di utilizzare l'algoritmo euristico denominato RPWT (Ranked Positional Weight Technique)



# Euristica RPWT

- Step 1. Si costruisce il grafo delle precedenze tra le operazioni.
- Step 2. Per ogni operazione  $i$  si determina l'insieme  $S_i$  delle operazioni che la seguono, direttamente o indirettamente.
- Step 3. Per ogni operazione  $i$  si calcola il peso posizionale, dato dalla somma dei tempi di quella operazione e di quelle che appartengono a  $S_i$ :

$$PW_i = t_i + \sum_{k \in S_i} t_k$$

- Step 4. Si sceglie l'operazione con il peso posizionale più alto e la si assegna alla prima stazione di lavoro.
- Step 5. Si sceglie l'operazione con il successivo peso più alto e la si assegna alla prima stazione di lavoro  $j$  ammissibile (quella per cui la somma dei tempi delle operazioni ad essa assegnati non superi la sua capacità  $C_j$ ); se tale stazione non esiste, bisogna crearne una nuova.
- Step 6. Si ripete lo Step 5 fino a che tutte le operazioni siano state assegnate.