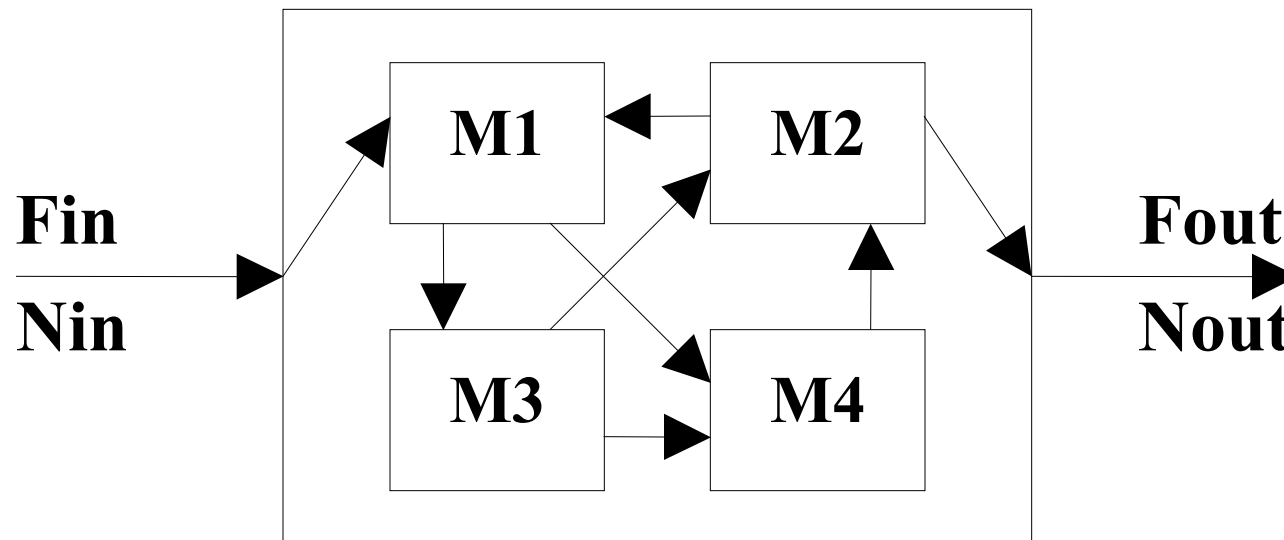




Analisi della prestazione dei sistemi produttivi – Diagrammi di throughput

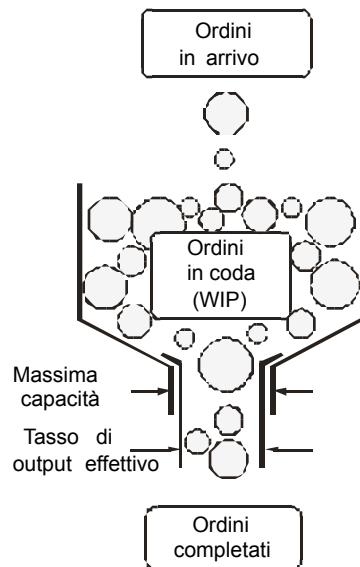
Sia dato un sistema produttivo

- F_{in} , F_{out} frequenza (tasso) di input e output al/dal sistema (pz/g)
- N_{in} , N_{out} numero di pezzi in input e output al/dal sistema a partire dall'istante $t = 0$ (pz)

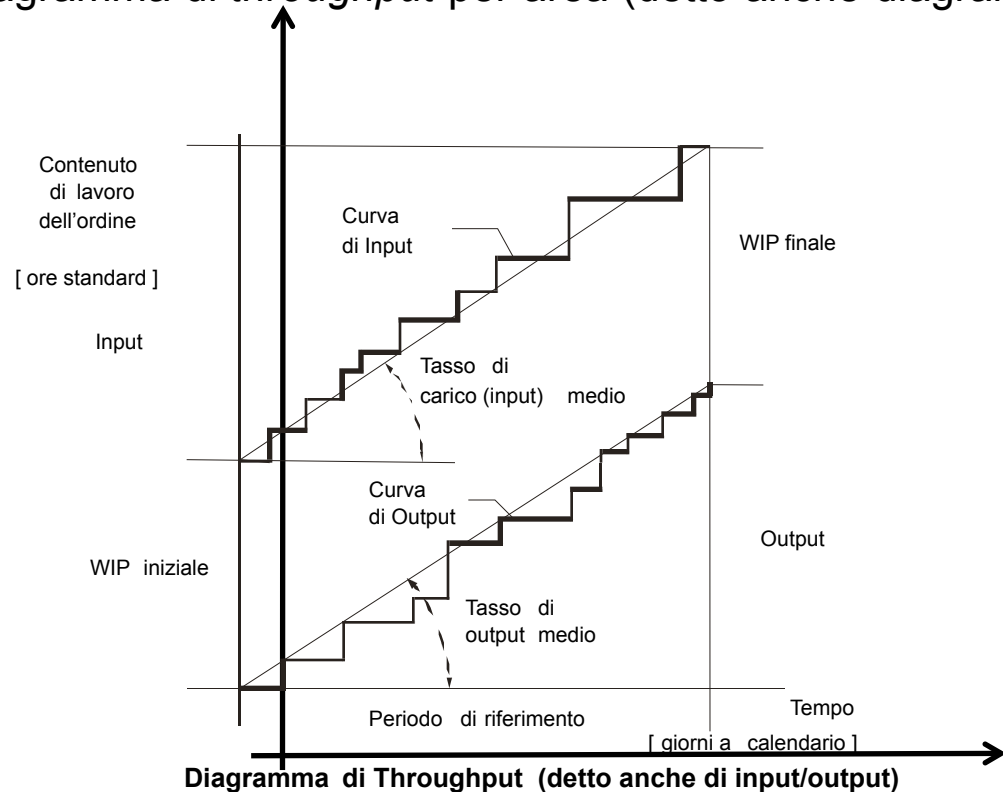


Funnel Model

Il diagramma di *throughput* è un modello per monitorare la dinamica del processo che accade nel *funnel* (sistema produttivo sotto esame) \Rightarrow a partire dagli eventi rilevati al funnel (arrivo, uscita) è possibile costruire un diagramma di *throughput* per area (detto anche diagramma di input/output)



Funnel model



Funnel Model

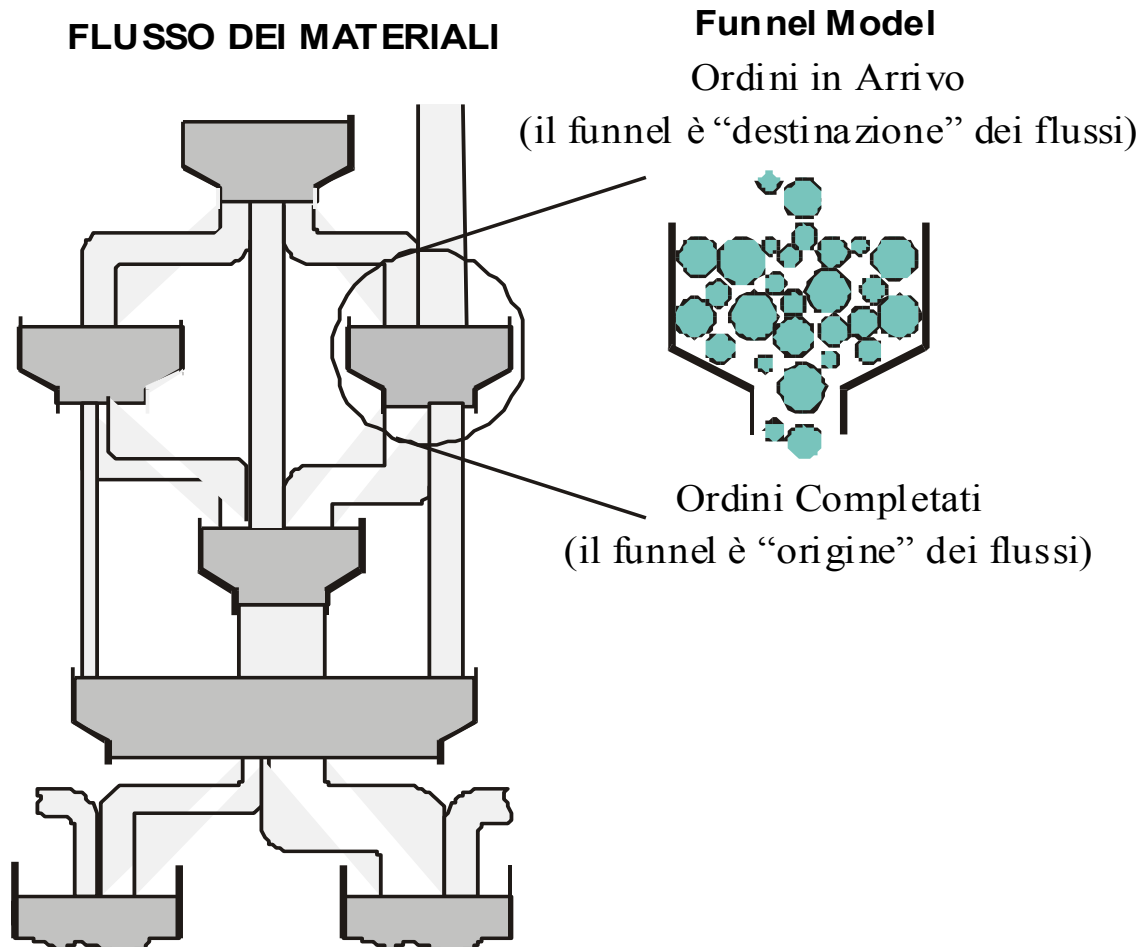


Diagramma di input/output

- Si supponga che il sistema sia sottoposto ad un carico stazionario ($F_{in} = \text{costante}$)
- In tali condizioni, l'andamento del numero di parti in input N_{in} è lineare
 - Se il collo di bottiglia del sistema non è saturato ($F_{in} < TH_{max}$), si avrà un analogo andamento, ma spostato nel tempo, per i pezzi/clienti N_{out} in output dal sistema

Diagramma di input/output

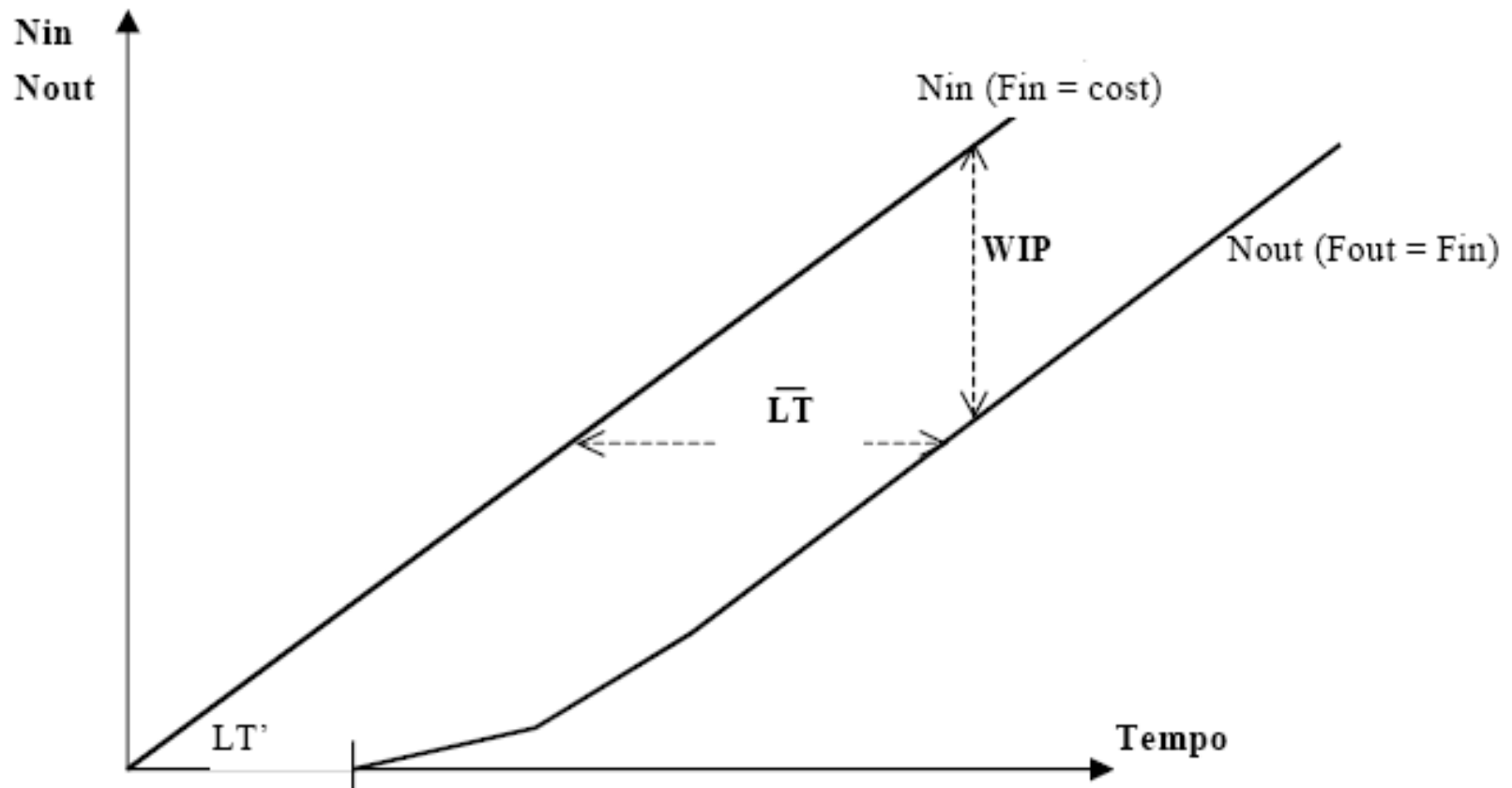


Diagramma input/output per $Fin < TH_{max}$

Diagramma di input/output

- Quando F_{in} supera il valore TH_{max} (TH_{cb}), il numero di parti in input non può essere smaltito in uscita, per cui WIP e LT continuano ad aumentare

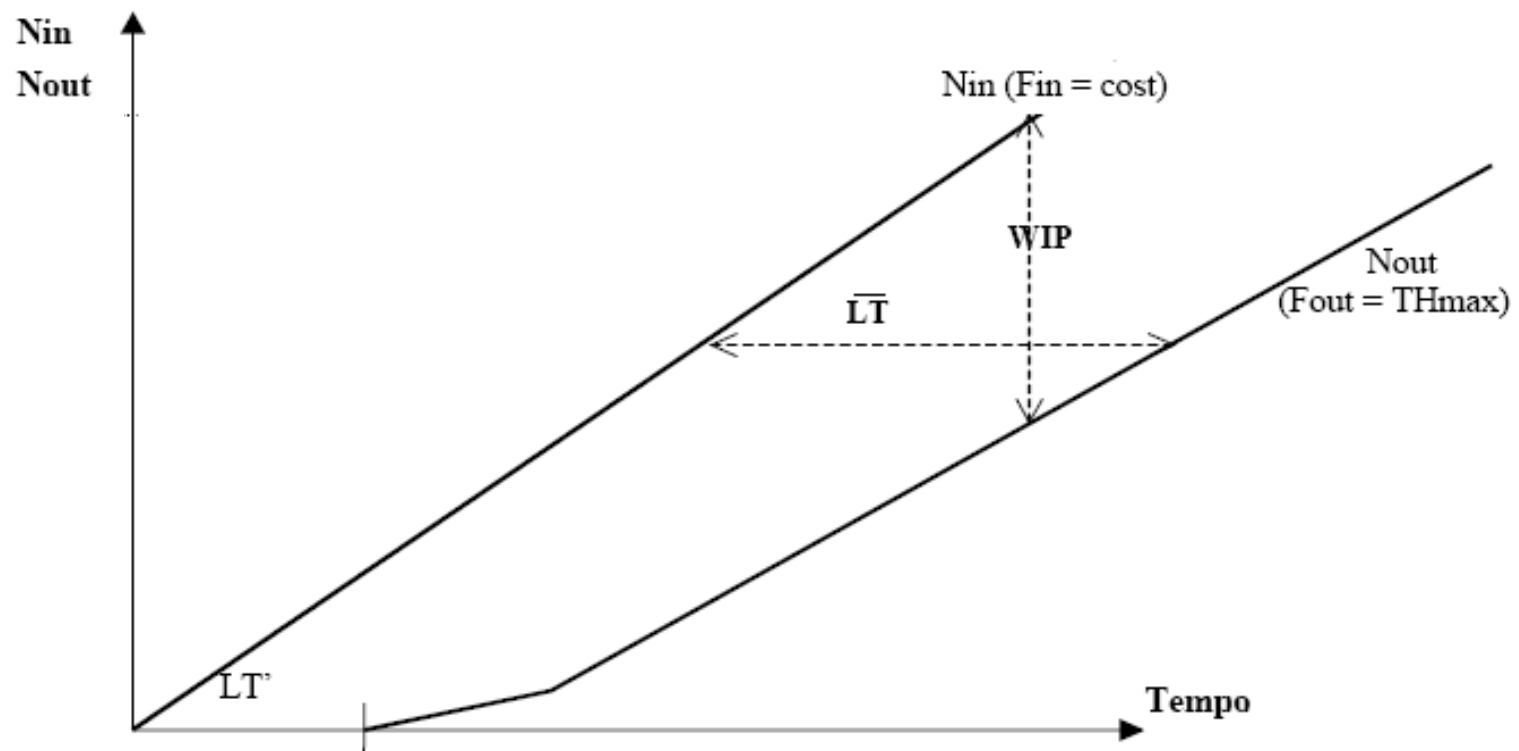


Diagramma input/output per $F_{in} > TH_{max}$

Diagramma di input/output

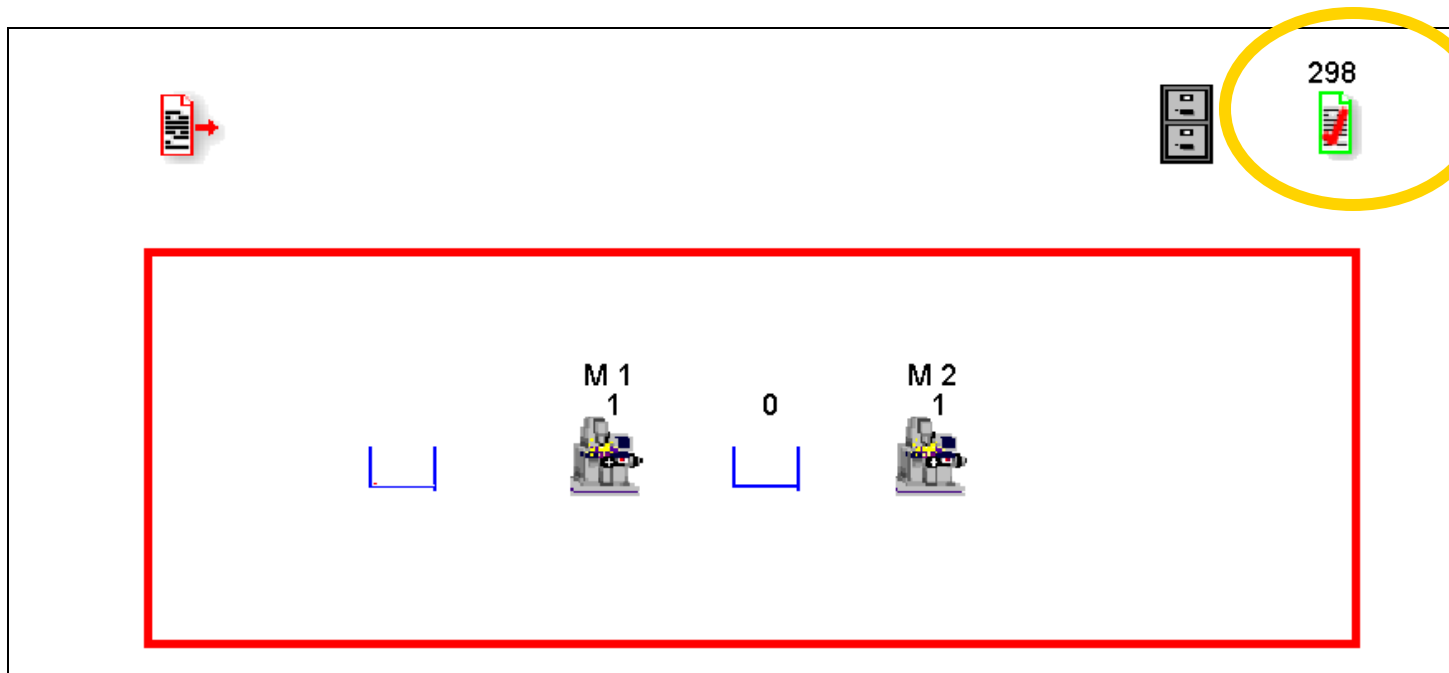
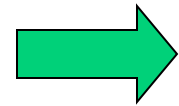
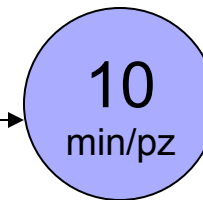
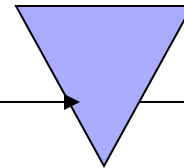
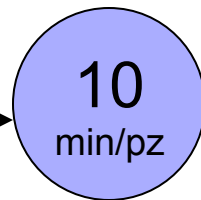
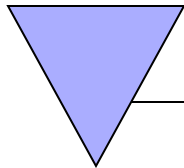
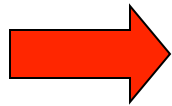


Diagramma di input/output

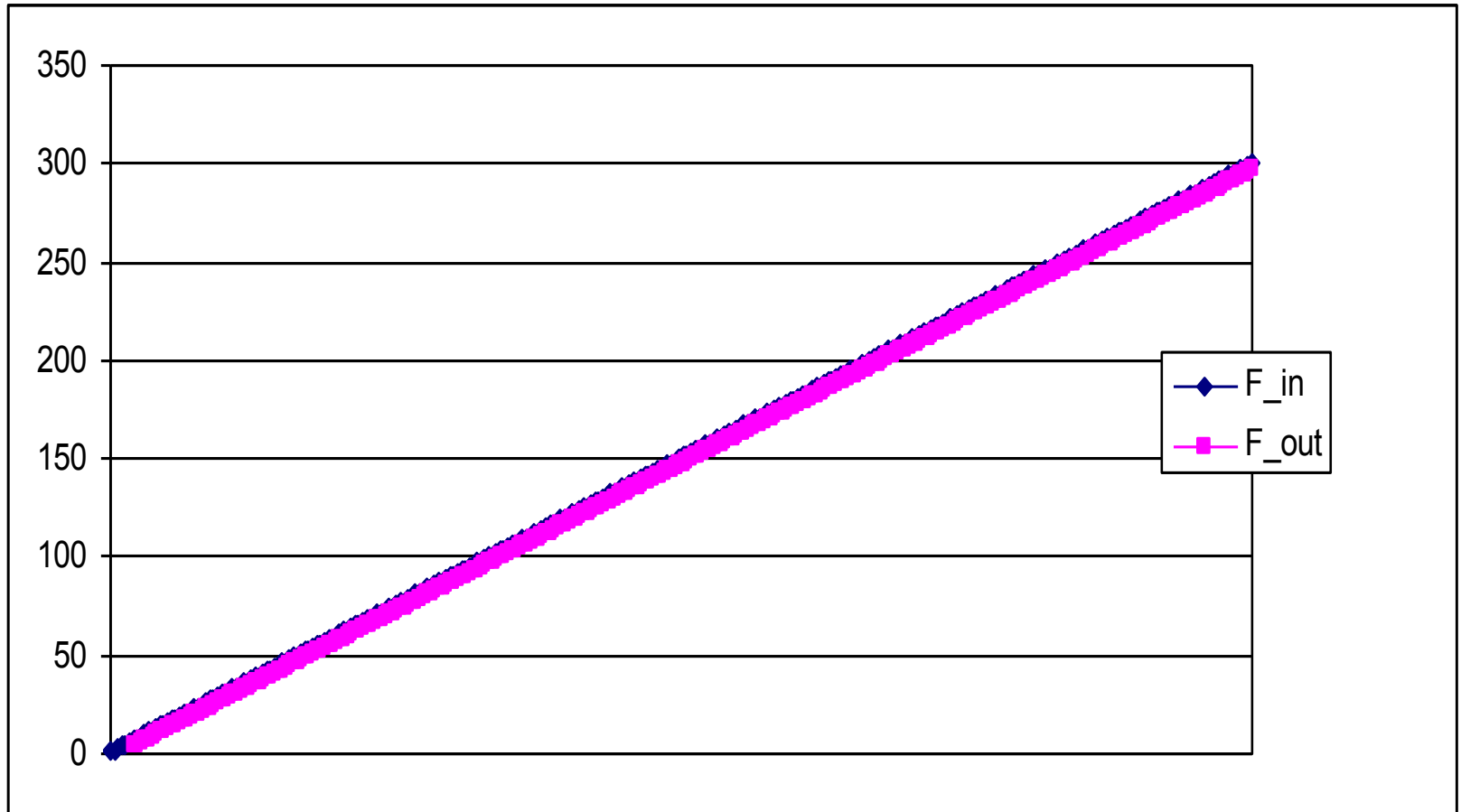


Diagramma di input/output

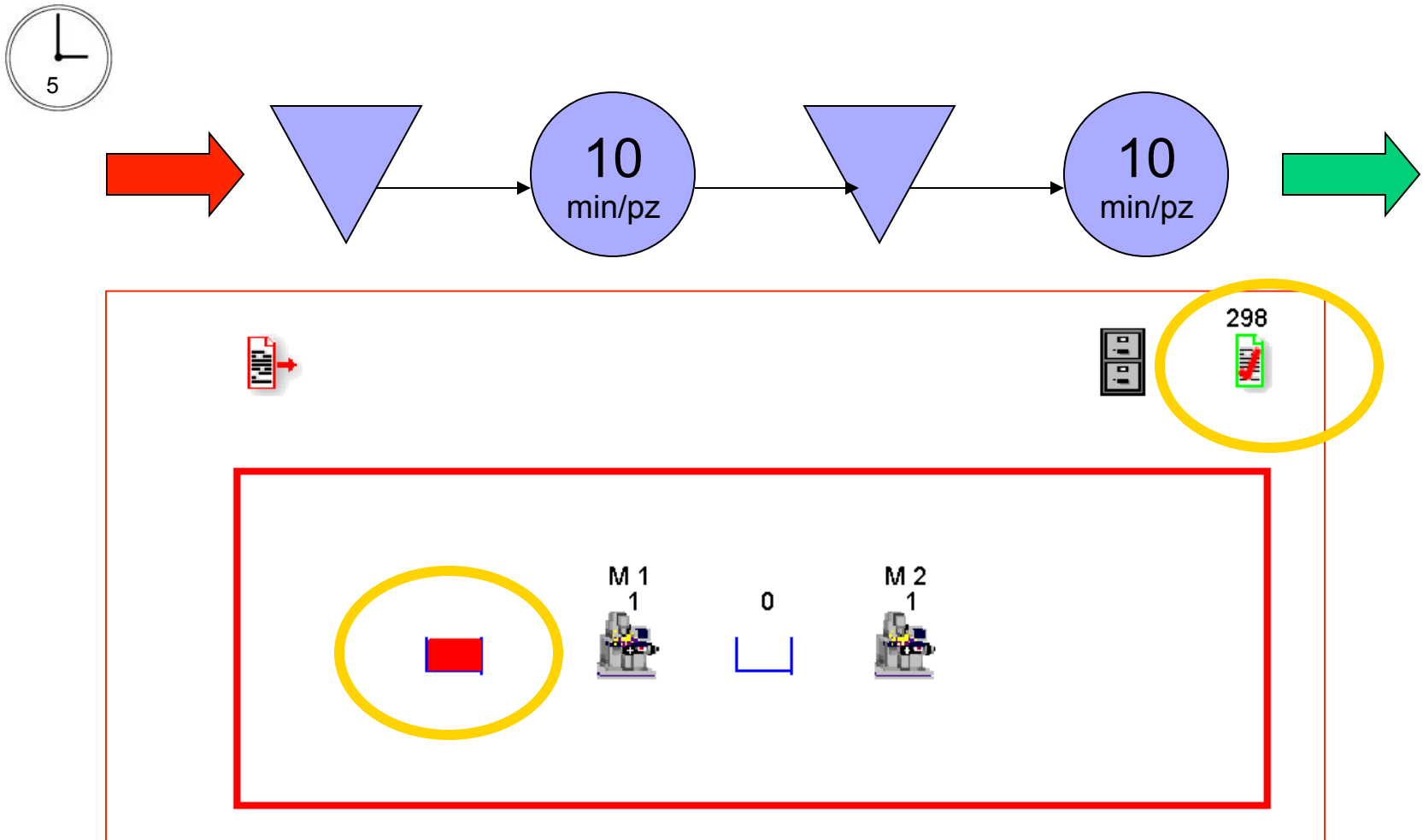
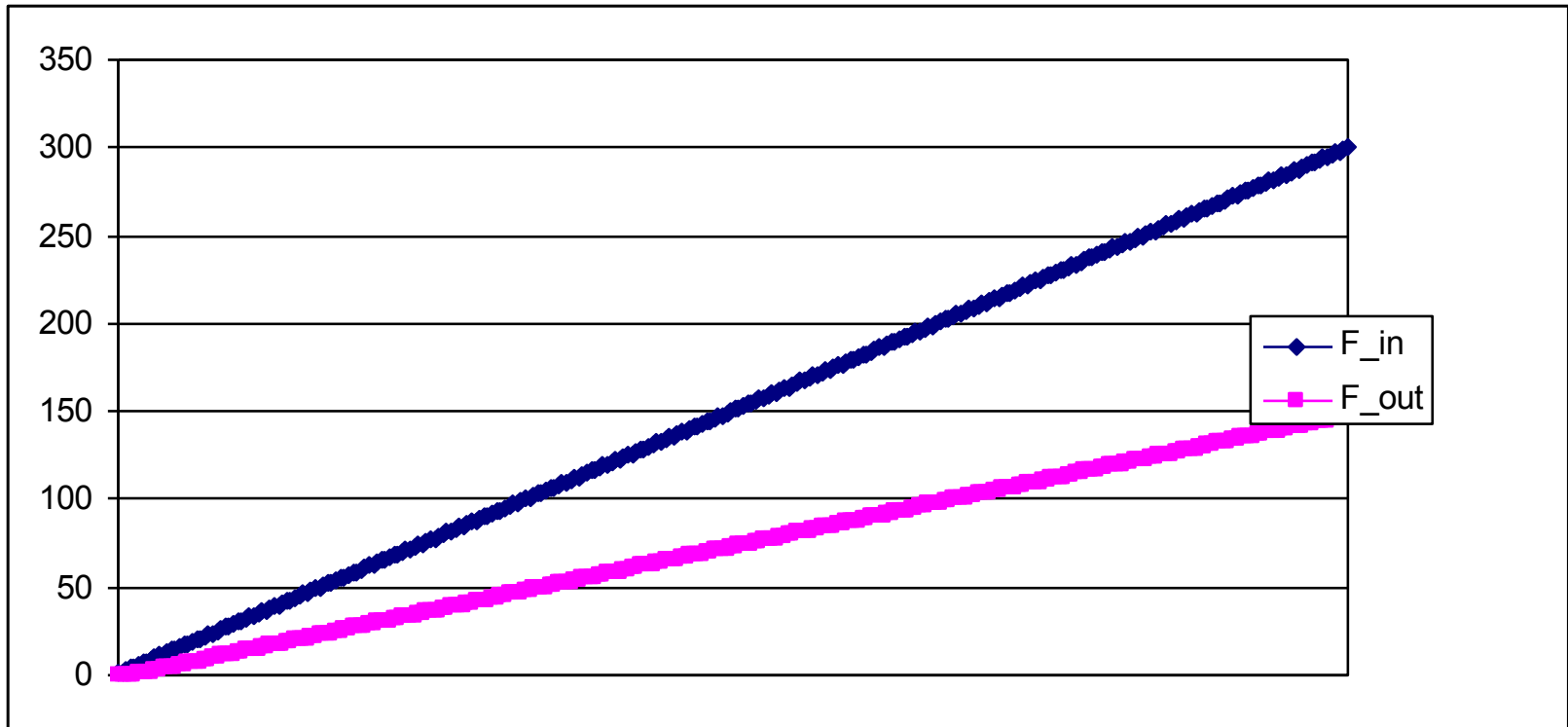


Diagramma di input/output



Costruzione del diagramma in una situazione reale

Raccolta dati mediante registro dei dati feedback di produzione

Numero d'ordine	Contenuto di lavoro TO [ore/ordine]	Data input [giorno a calendario]	Data output [giorno a calendario]
1	20	98	100
2	21	94	102
3	19	101	103
4	23	101	105
5	11	102	106

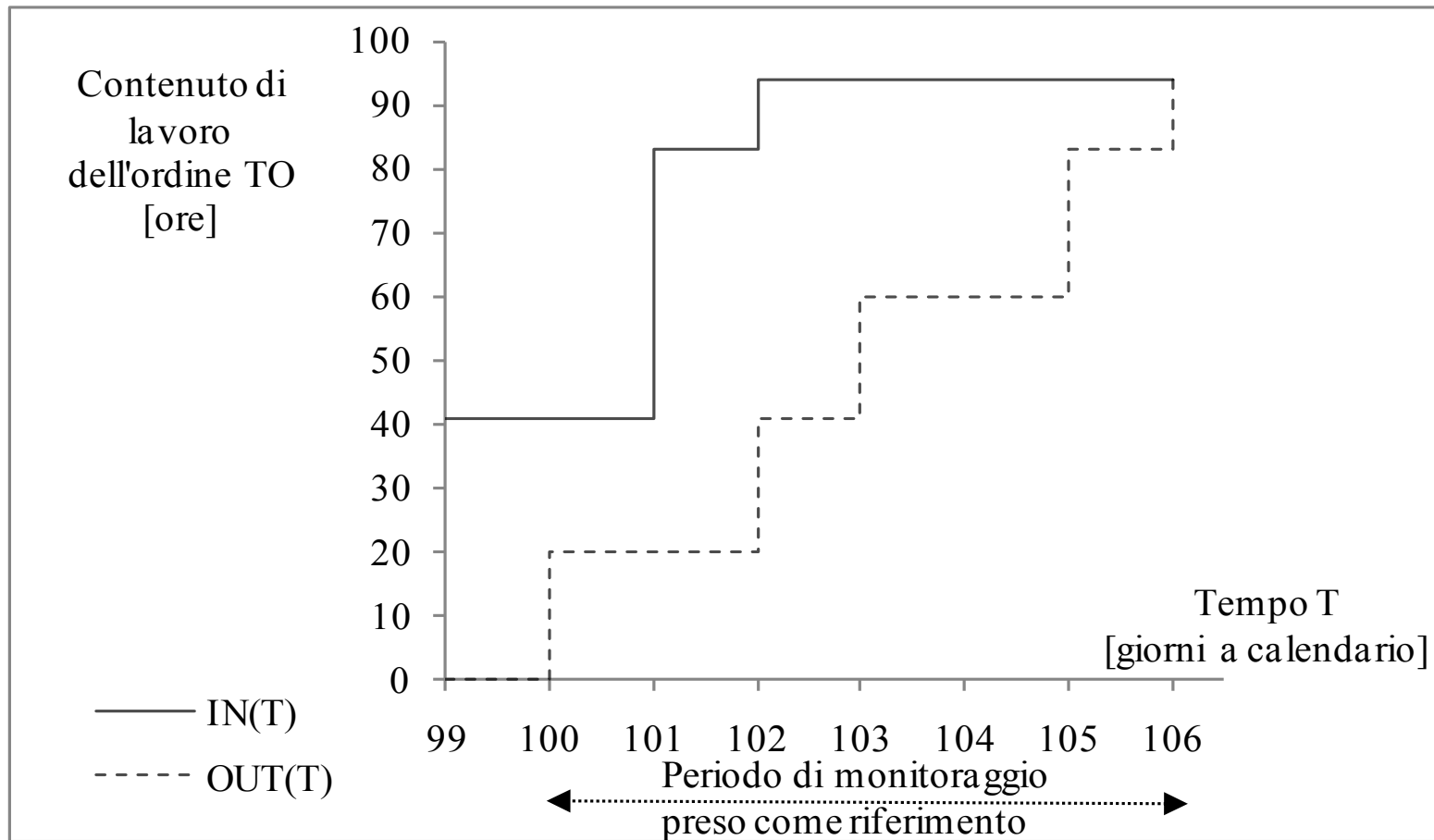
Contenuto di lavoro degli ordini

- Per contenuto di lavoro di un ordine (TO) si intende la somma del tempo di set up e del tempo di lavorazione (o tempo di processamento) delle parti che compongono un lotto

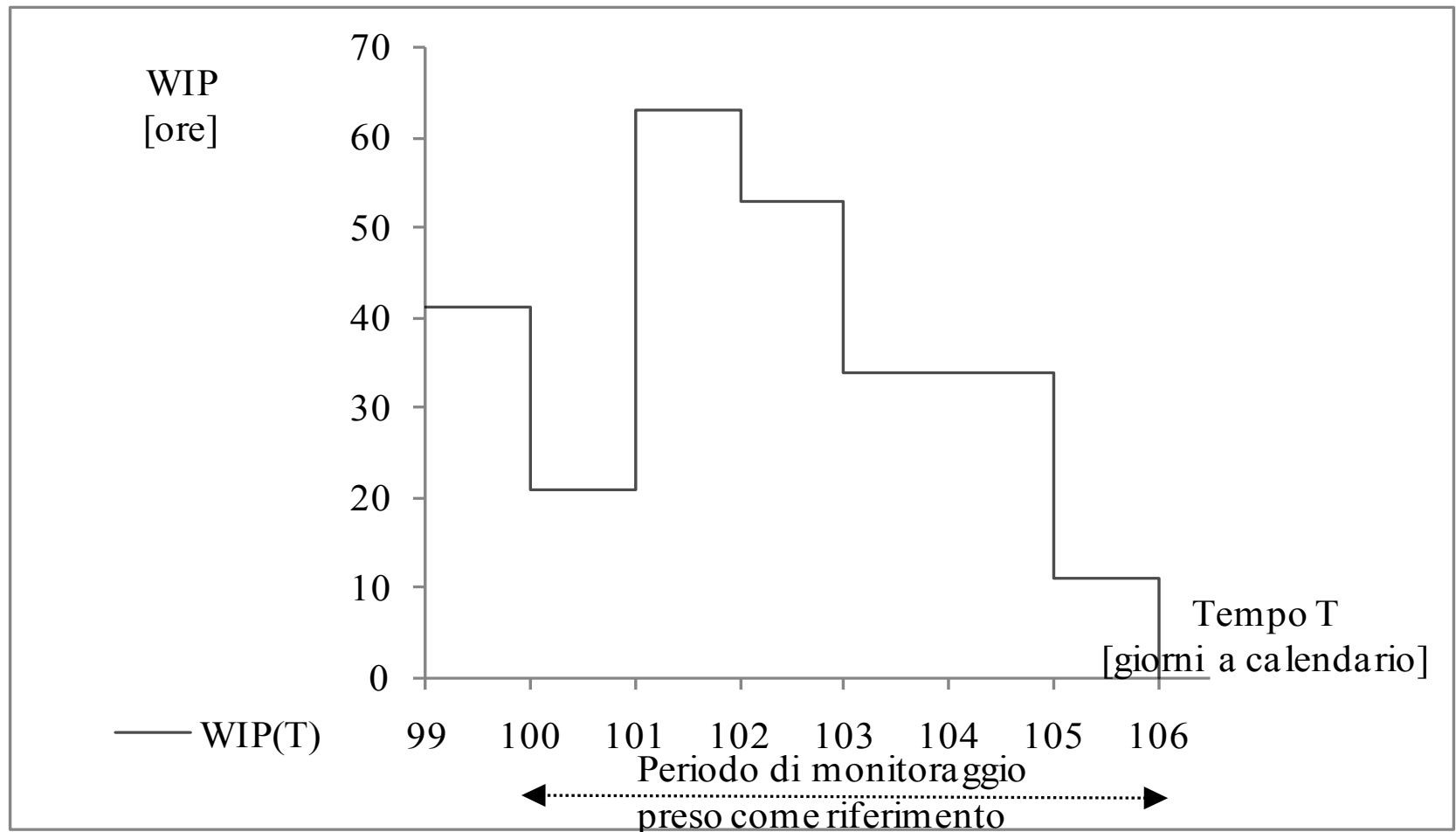
$$TO = \frac{TS + LS \times TP}{60}$$

- Dove
 - TO contenuto di lavoro dell'ordine [ore / ordine]
 - TS tempo (standard) di set up [min / ordine]
 - LS dimensione (standard) del lotto [# parti / ordine]
 - TP tempo (standard) di lavorazione di un singolo pezzo [min / parte]

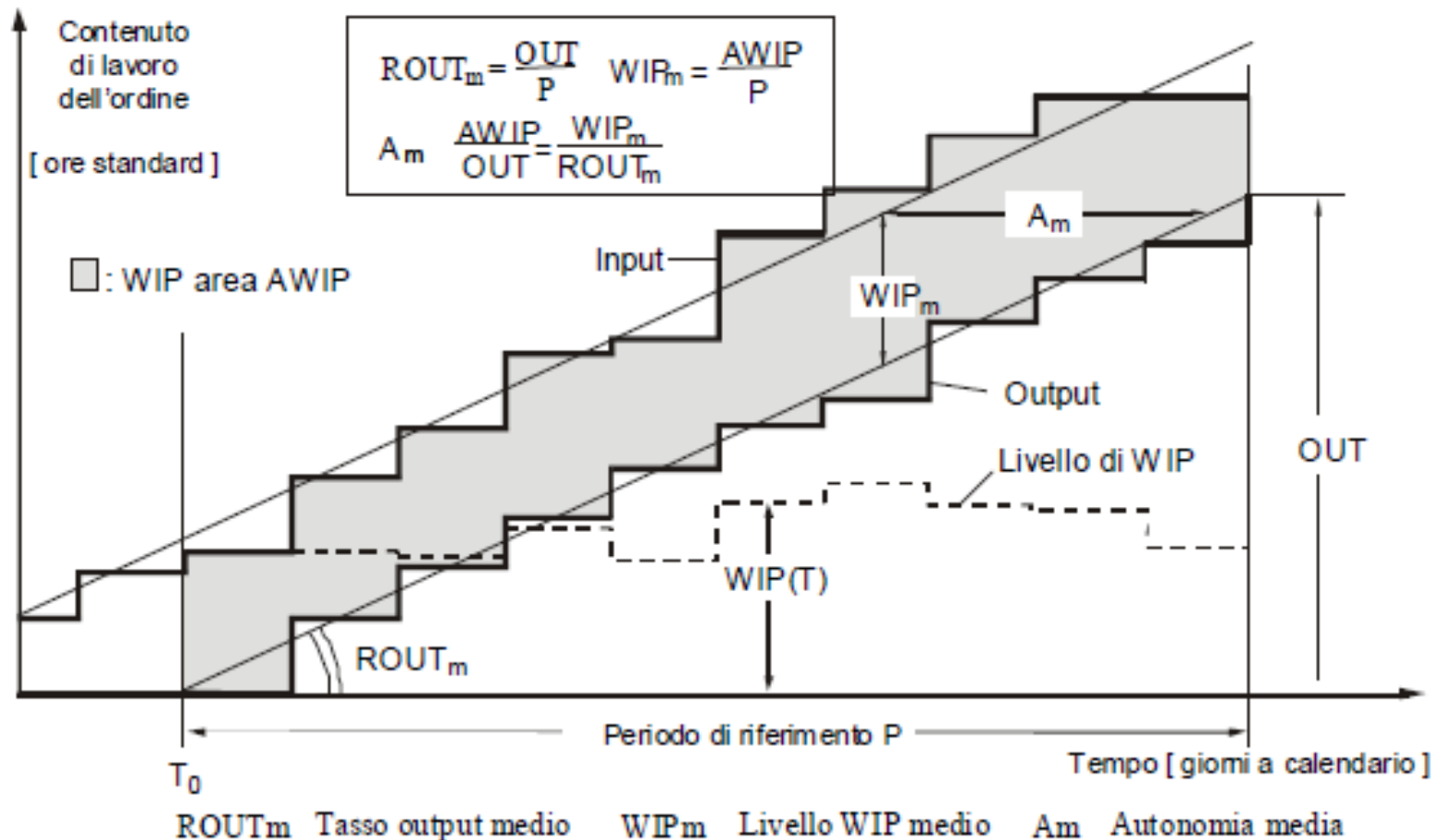
Curve di input/output



Curva del livello di WIP



Indicatori di prestazione



Indicatori di prestazione

■ Distanza verticale

$$WIP(T) = IN(T) - OUT(T)$$

- $WIP(T)$ Livello di WIP all'istante di tempo T
- $IN(T)$ Cumulata dei contenuti di lavoro degli ordini arrivati all'area entro l'istante di tempo T
- $OUT(T)$ Cumulata dei contenuti di lavoro degli ordini completati dall'area entro l'istante di tempo T

Indicatori di prestazione

- Distanza verticale “media”

$$WIP_m = \frac{\int_{T_0}^{T_1} IN(T) \times dt - \int_{T_0}^{T_1} OUT(T) \times dt}{T_1 - T_0}$$

- WIPm livello medio di WIP [ore]
- T0 inizio del periodo di monitoraggio [giorni a calendario o SCD – Stock Calendar Days]
- T1 fine del periodo di monitoraggio [SCD]

Indicatori di prestazione

- Pendenza “media” della curva di Output (ROUTm)
 - ROUTm tasso medio di output [SCD]
 - TOj contenuto di lavoro del j-esimo ordine [ore/ordine]
 - nout numero di ordini completati nel periodo di monitoraggio
 - P lunghezza del periodo di monitoraggio [SCD]

$$ROUT_m = \frac{\sum_{j=1}^{n_{out}} TO_j}{P}$$

- Il tasso RINm è definito in maniera del tutto analoga, pur di considerare il numero di ordini nin arrivati nel periodo di monitoraggio

Indicatori di prestazione

- Più è elevato RIN_m , maggiore è il numero di ore richieste, come impegno di capacità produttiva, dagli ordini giunti nel periodo di monitoraggio preso come riferimento
- Più è elevato $ROUT_m$, maggiore è la capacità disponibile per produrre gli ordini giunti nel periodo di monitoraggio
- Un sistema stabile sarà caratterizzato da un $ROUT_m \cong RIN_m$

Indicatori di prestazione

■ Distanza orizzontale “media”

- L'autonomia operativa A_m è una misura del tempo che deve trascorrere (a calendario) se non arrivano altri ordini di produzione prima che la stazione in esame si svuoti

$$A_m = \frac{WIP_m}{ROUT_m}$$

- A_m autonomia operativa media [SCD]
- WIP_m livello medio di WIP [ore]
- $ROUT_m$ tasso medio di output [ore / SCD]

Indicatori di prestazione

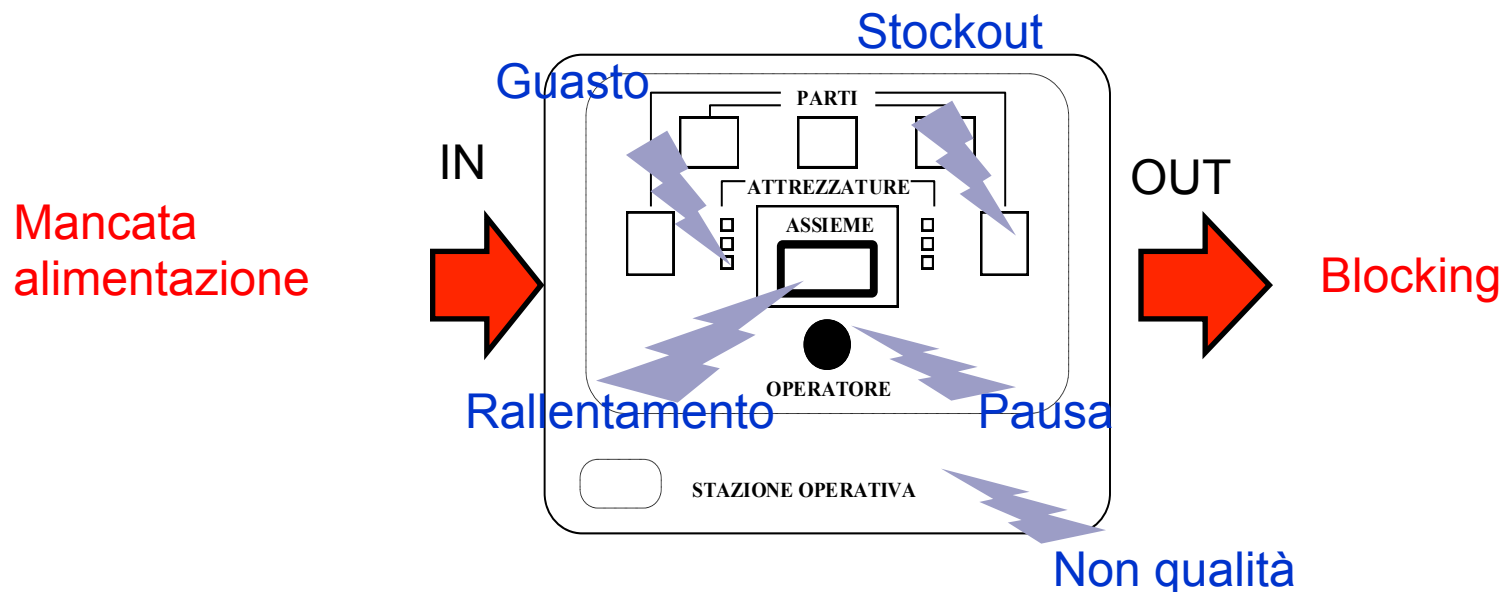
- L'utilizzazione media della capacità produttiva misura quanta capacità produttiva massima disponibile (cioè il ROUTmax) si è effettivamente in grado di utilizzare (ROUTm)

$$UT_m = \frac{ROUT_m}{ROUT_{\max}} \times 100$$

- ☐ UTm Utilizzazione media
- ☐ ROUTmax = Capacità produttiva massima nominalmente disponibile (standard) in una stazione
- UTm è la misura percentuale delle inefficienze (perdite) dovute sia a cause interne che esterne all'area
- 1-UTm è detto "perdita media" dell'area in esame

Utilizzo del diagramma

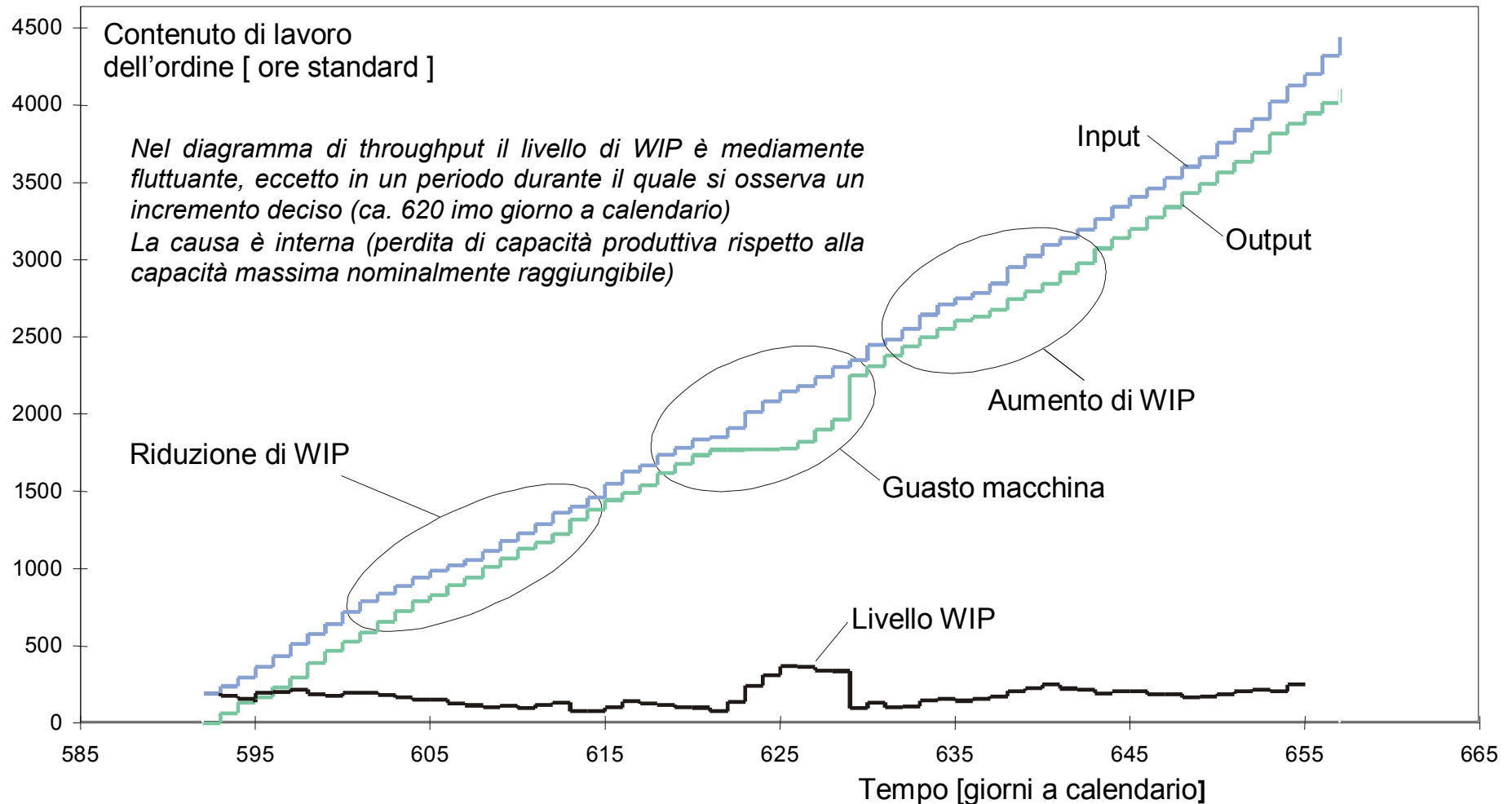
- L'analisi dei dati di feedback di produzione mediante diagramma di throughput aiuta ad evidenziare l'esistenza di perdite di capacità produttiva
- Le perdite possono essere dovute a:
 - **Cause "interne"** alla stazione, localizzate nelle risorse interne alla stazione
 - **Cause "esterne"** alla stazione, localizzate in risorse che operano nel flusso produttivo come fornitori o clienti della stazione in esame



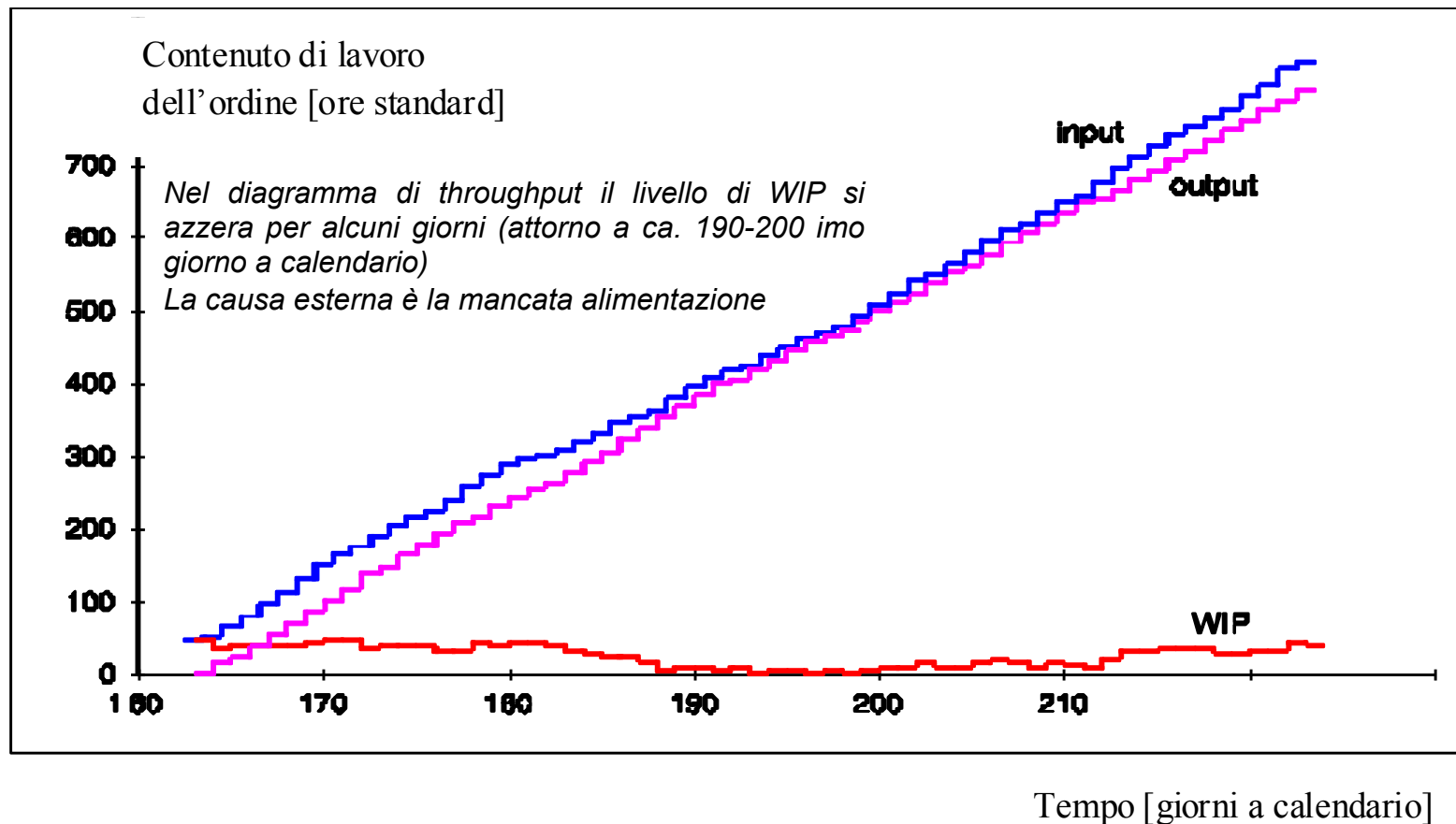
Utilizzo del diagramma

- Le perdite sono caratterizzate da
 - **Cause:** Fenomeni che occorrono all'interno dell'area / stazione (es. guasti, piccole fermate, indisponibilità di operatori)
 - **Sintomi:** La riduzione del tasso di output medio $ROUTm$ registrata senza evidenti riduzioni del tasso di input medio $RINm$
- Le perdite “interne” possono dipendere dalle prestazioni di processi di supporto “esterni”
 - Perché la fornitura di materiali è insufficiente, i.e. mancata alimentazione
 - Sintomo: riduzione del tasso di input $RINm$
 - Perché il reparto a valle non consuma in maniera adeguata il materiale prodotto da quello a monte e si raggiunge l'accumulo massimo possibile nel magazzino interoperazionale (situazione detta di blocking)
 - Sintomo: riduzione del tasso di output $ROUTm$

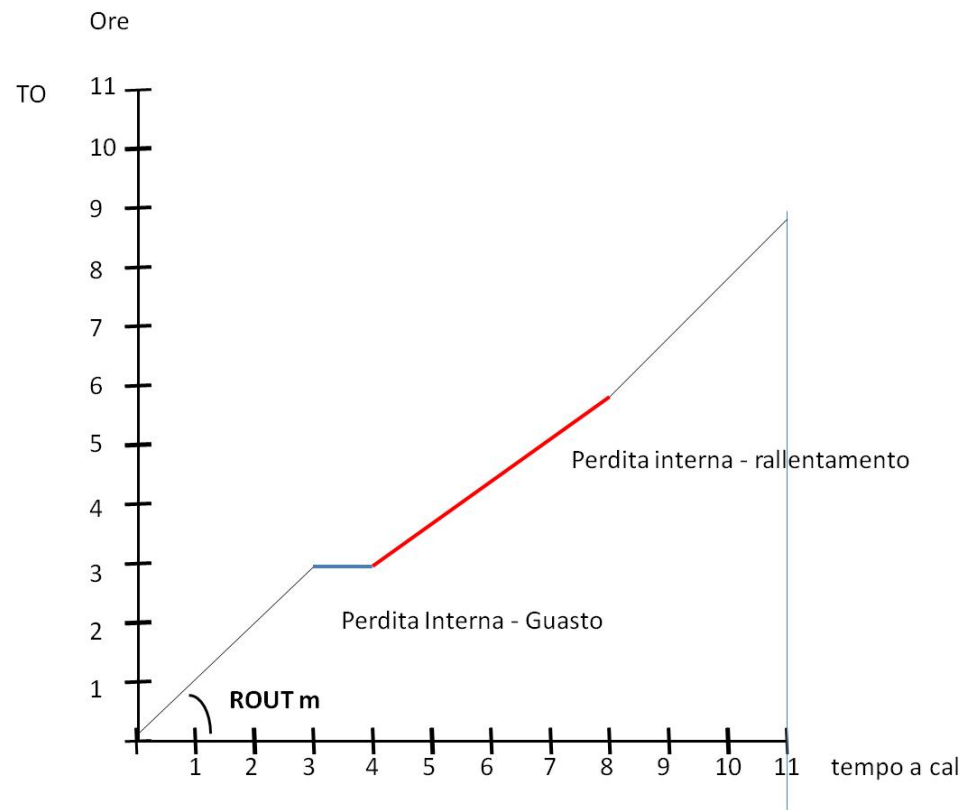
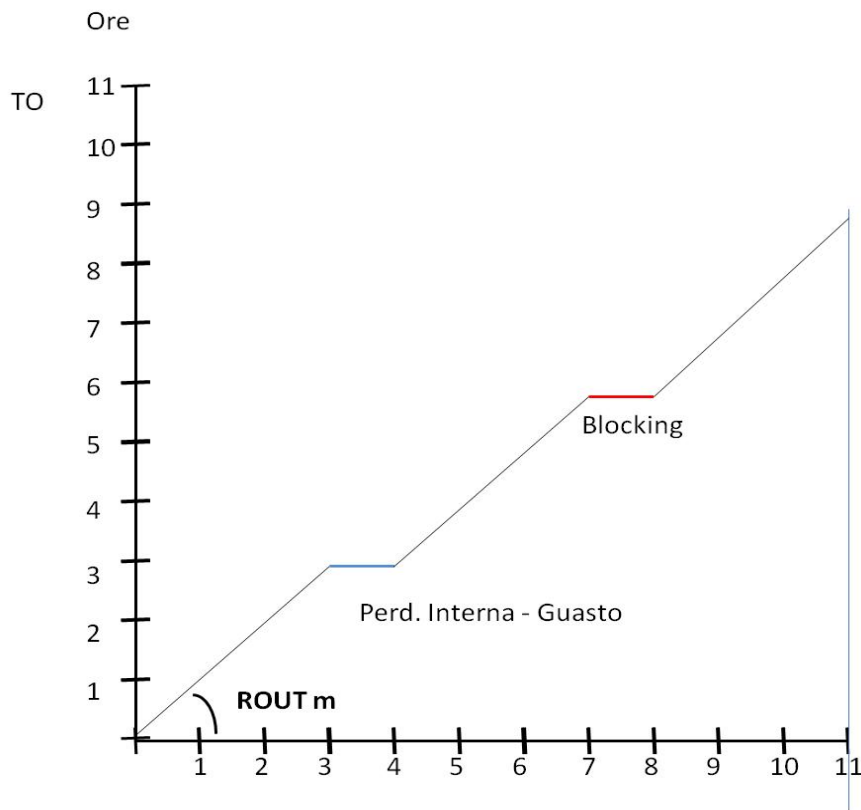
Utilizzo del diagramma



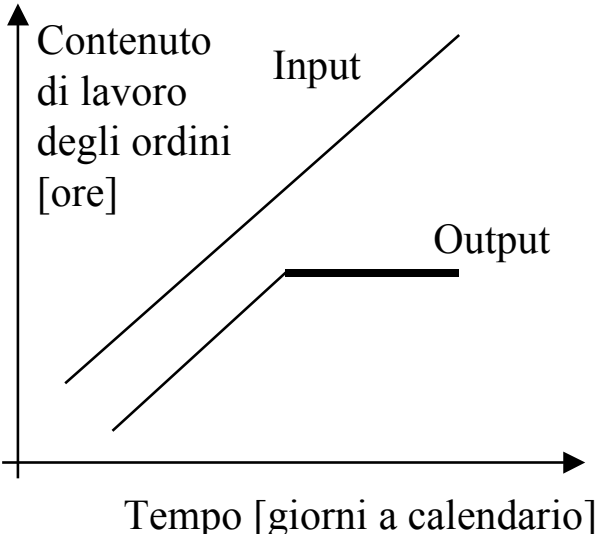
Utilizzo del diagramma



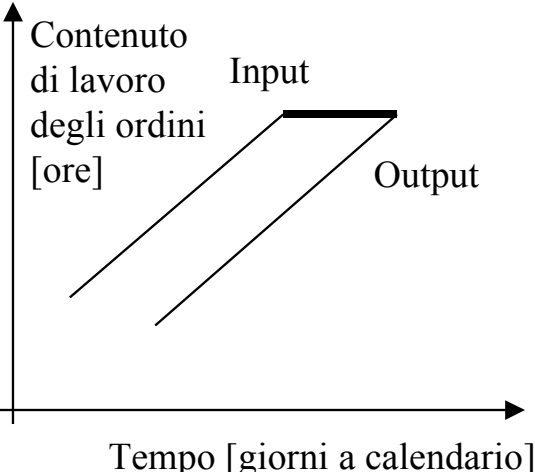
Utilizzo del diagramma



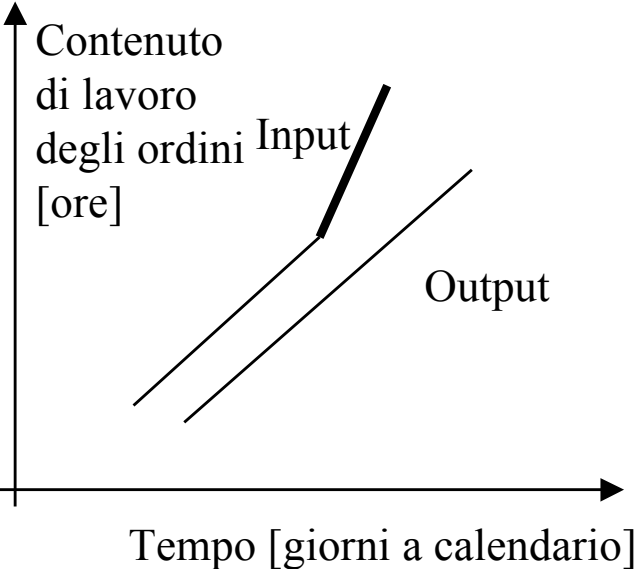
Utilizzo del diagramma

Dinamica delle curve input / output	Cause di variazione nella dinamica del processo
 <p>Contenuto di lavoro degli ordini [ore]</p> <p>Input</p> <p>Output</p> <p>Tempo [giorni a calendario]</p>	<p>Perdite interne all'area in esame (es. guasti, attesa di risorse ausiliarie, ecc.) o esterne (caso di blocking delle risorse produttive)</p>

Utilizzo del diagramma

Dinamica delle curve input / output	Cause di variazione nella dinamica del processo
	<p>Perdite esterne in aree a monte, che portano ad una mancata alimentazione dei materiali all'area in esame</p>

Utilizzo del diagramma

Dinamica delle curve input / output	Cause di variazione nella dinamica del processo
 <p>The diagram illustrates the relationship between the content of orders (y-axis) and time (x-axis). The y-axis is labeled 'Contenuto di lavoro degli ordini [ore]' and the x-axis is labeled 'Tempo [giorni a calendario]'. Two lines are shown: a steeper line labeled 'Input' and a less steep line labeled 'Output'. The 'Input' line starts at a lower point on the y-axis but rises more steeply than the 'Output' line, which starts at a higher point but rises more gradually. This indicates that the input rate eventually exceeds the output rate, leading to a bottleneck.</p>	<p>Incapacità di adeguare la capacità disponibile nell'area in esame con la capacità richiesta: il tasso di carico degli ordini in input aumenta, non è, però, possibile un aumento corrispondente del tasso di output, dato che è completamente utilizzata la capacità produttiva disponibile</p>