



Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 2240A

ANNO: 2017

A P P U N T I

STUDENTE: Tosti Michela

**MATERIA: Programmazione e Controllo Produzione - Appunti +
Esercizi + Casi di Studio - Prof. Alfieri Cantamessa**

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

PROGRAMMAZIONE e Controllo della Produzione (PCP)

CAPITOLO 7: The Process View of the Organization

Principale obiettivo di un manager → far incontrare **DEMANDA** e **OFFERTA**

eccesso di domanda ↔ profitto perso
 eccesso di offerta ↔ eccesso di costo

E' perciò necessario cercare di produrre quanto, cosa e quando il mercato richiede → la capacità produttiva deve essere sufficiente non solo in media ma anche nello specifico istante

Esistono diversi tipi di mismatch tra domanda e offerta:

- di tempistica
- quantitativi
- qualitativi
- ...

Le difficoltà nel far incontrare domanda e offerta sono dovute a:

- **VARIABILITA' DOMANDA** → non sempre prevedibile e fuori
- **INFLESSIBILITA' RISORSE** → non possono essere accese/uscite o spese/investite a seconda della domanda
 ↳ Capacità Rigida, quindi OFFERTA RIGIDA

Il prezzo può attenuare lo squilibrio di mercato ma non lo può eliminare!
 ↳ importante: tempestività nel soddisfare la domanda

METODI PER FAR INCONTARE DOMANDA E OFFERTA:

- ① uso efficiente delle risorse (nel modo meno costoso possibile)
- ② Trade off (compromesso) tra obiettivi contrastanti (es. scegliere tra Allez e costi)
- ③ REDESIGN DEL PROCESSO PRODUTTIVO (es. innovare in tecnologie)

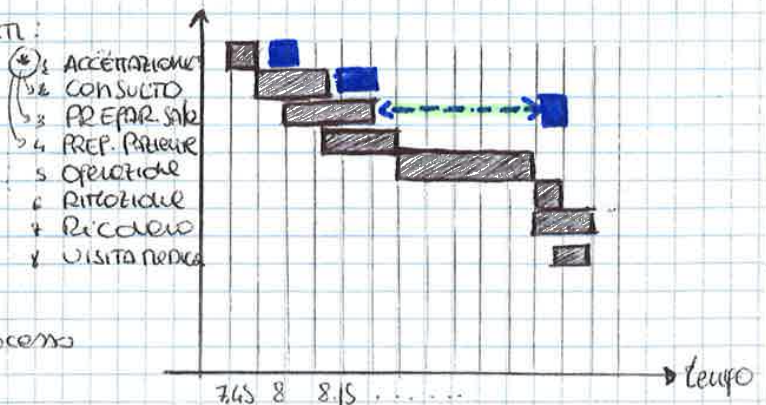
PROCESSI = ciò che vogliamo analizzare

ESEMPIO OSPEDALE: INTERVENTIONAL RADIOLOGY (CHIRURGIA A RAGGI X)

Itero del punto di vista dei pazienti:

diagramma di Gantt:

↳ rappresenta graficamente le **attività** che sono le fasi del processo che aggiungono valore alle unità che fluiscono



Processing (o Activity) Times: durata delle singole attività (steps) del processo

Conoscendo il tempo preciso da quanto entra l'input e esce l'output e conoscendo la natura delle attività posso stabilire il **WAITING** determinando se un processo è ben dimensionato e meno, oppure conoscere il numero medio di flow unit per essere utile per capire se le risorse sono ben utilizzate e se i "posti" sono suff. capienti.

$$\text{WAITING} = \text{tot attività ex Post} - \text{tot attività ex Ante}$$

(tempi attesa)

Ci sono 3 INDICI indispensabili per capire quanto il diloro tra domanda e offerta è grave:

1° **WIP** (WORK IN PROGRESS / PROCESS) = **INVENTORY**, n° di unità di flusso nel processo [UNITÀ] (capitale immobilizzato)

↳ lo voglio il più basso possibile (↓), **JUST IN TIME** ⇒ **INVENTORY = 0** (OTTIMALE) **IMPOSSIBILE!**

2° **FLOW TIME** (**CYCLE TIME**), tempo dall'inizio alla fine (compresi tempi attesa) [tempo] (FT)

↳ lo voglio il più basso possibile (↓)

3° **FLOW RATE** (**Throughput Rate**), velocità con cui il processo produce, EFFICIENTA, [UNITÀ/TEMPO] (TH)

↳ NOTA: SI CONSIDERANO SOLO LE UNITÀ PRODOTTE CORRETTAMENTE

↳ lo voglio il più alto possibile (↑)

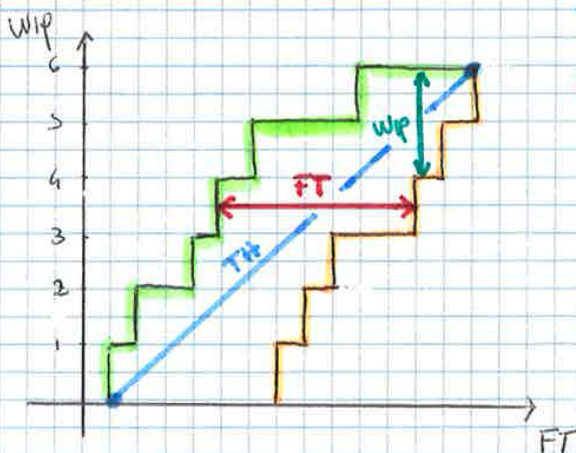
↳ Capacità del processo: max velocità con cui il processo può generare offerte (**SUPPLY**) ⇒ **MAX FT** possibile

NB Il **TH** del processo corrisponde alla capacità della risorsa più scarsa in fatti, capacità e TH hanno la stessa unità di misura

I DEFINIZIONE ⇒ **COLLO DI BOTTIGLIA (BOTTLENECK)** = risorsa con capacità minore

NB: ~~Non~~ posso definire collo di bottiglia in funzione della capacità solo SE:

- ho unico flow unit
- ho flusso unico (unico flow unit attraverso tutte le risorse, o meglio tutte le risorse lavorano la stessa unità di tempo (o stesso numero))



TH = frequenza della rete

WIP = quanti ne ho (in ospedale), considero quanti ne sono entrati e quanti usati (CUMULATIVE IN FLOW - Σ in flow)

LEGGE DI LITTLE

$$y = m \cdot x \Rightarrow \text{WIP} = \text{TH} \cdot \text{FT}$$

(medio) (medio) (medio)

NOTE due delle tre grandezze determinano la 3ª.

↳ VALIDA SEMPRE! (A spanne: es: 28,3 = 30,01)

NOTA: MEDIO, significa che lo misuro in vari punti e poi divido per il n° di FT

dividendo il costo Annuale di MG per IT Anni ottengo:

$$\frac{\text{COSTO ANNUALE INVENTORY}}{\text{INVENTORY TURNS}} = \frac{\text{Annual } \%}{1/\text{days of supply}} = \frac{\text{Annual } \%}{1/FT} = \frac{\text{Annual } \%}{IT / WIP} =$$

$$= \frac{\text{Annual } \% \cdot WIP}{IT} = \frac{\text{Annual } \% \cdot WIP}{\text{COGS}} = \frac{\text{COSTO TOT ANNUALE MG}}{\# \text{ USCITI DAL MG (COV)}} =$$

COSTO UNITARIO MG (per - UNIT INVENTORY COST) \Rightarrow (h%)
quanta parte tenere in MG una unit \Rightarrow Annual \cdot FT

Moltiplicandolo per il valore a cui è contabilizzato il MG ottengo quanto mi costa tenerlo in MG 1 anno

$$\text{COSTO UNITARIO MG (h)} = h\% \cdot \text{COSTO/VALORE DI ACQUISTO (c)}$$

$$h = h\% \cdot c$$

esempio: COSTO MG cellulosa = 200 €
 $IT = 3,85$
 COSTO ANNUALE INVENTORY = 20%

$$h\% = \frac{20\%}{3,85} = 5,17\% \Rightarrow \text{COSTO UNITARIO: } h = 200 \cdot 5,17\%$$

$$h = 11 \text{ €}$$

perché è necessario avere il magazzino??

d'inventory riflette la deviazione tra la curva degli input e quella degli output. Ci sono 5 motivi principali alla base di queste deviazioni ai quali corrispondono altrettante tipologie di inventory.

1° **PRELUNE INVENTORY** = tempi di processo MAI nulli

Nel mondo reale il tempo non è mai istantaneo perché il tempo di una flow unit che transita all'interno del processo non è mai nullo neanche se le risorse (capacità) sono limitate, in qualunque istante il sistema non è mai vuoto.

\rightarrow $FT = 0$
 $IT = 0$ equivarrebbe a dire una processore

\rightarrow $INVENTORY MAI = 0 \Rightarrow$ esistono SEMPRE scorte di PRELUNE.

Le scorte le possiamo però ridurre, l'unico modo per farlo è ridurre il **FT** perché ridurre il FT è consigliabile!
però? (non perché) (no: per)

2° **SEASONAL INVENTORY** = stagionalità (inventory stagionale)

Occorre quando la capacità è rigida e la domanda è variabile.

esempio: Panettoni, la vendita sia in un determinato periodo che siccome è troppo costoso aumentare le produzioni in questo periodo inizio e finisce molto prima e immagazzino.

Simile se a volume è l'offerta (es: campo dell'agricoltura, d'estate non produce meli, le ho immagazzinate prima)

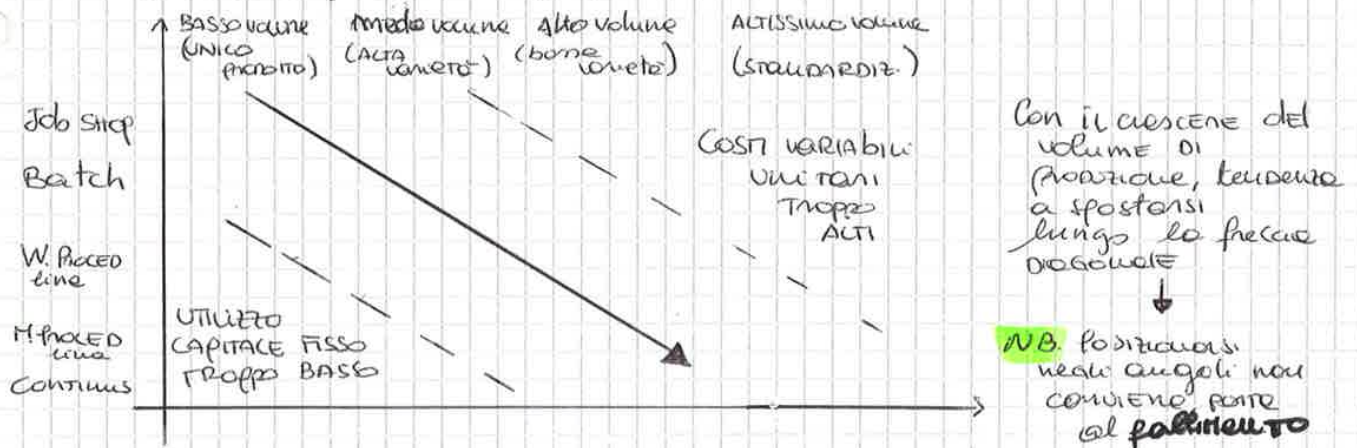
TIPOLOGIE DI PROCESSO: The product-process MATRIX : 7

Empiricamente sono stati definiti 5 tipi di processi; all'interno di ognuno dei quali i processi sono molto simili dal punto di vista soprattutto della varietà dell'offerta e dei volumi di produzione/servizio offerti.

- 1) **JOB SHOP**: basso flusso di unità, bassi volumi, no alte varietà.
- 2) **BATCH**: processi in grado di lavorare a lotti.
- 3) **WORKER-FACED LINE**: linee sincronizzate controllate dall'uomo.
- 4) **MACHINE-FACED LINE**: linee sincronizzate controllate da macchine.
- 5) **CONTINUOUS PROCESS**: non ci si ferma a metà tra 2 processi.

d'utilità del classificare i processi e dell'utilizzare la matrice prodotto-processo sta soprattutto nel fatto che:

- a) Processi simili tendono ad avere problemi simili.
- b) la naturale tendenza delle industrie verso la parte bassa a destra della matrice a consentire di prevedere come i processi si evolveranno probabilmente in una particolare industria.



Ricapitolando:

- ~ Molto importante guardare alle operazioni di un'impresa in termini di processo che genera l'offerta, in quanto si rischiano i mismatch tra domanda e offerta.
 - ↳ Dallo prospettive del prodotto tali mismatch assumono la forma di tempi di attesa dal punto di vista del processo; i mismatch assumono la forma di inventory.
- ~ Per ogni processo possiamo definire 3 misure fondamentali delle performance:
 - o INVENTORY
 - o FLOW TIME
 - o FLOW RATE
 } → LEGATE tra loro dalle legge di Little (WIP = TH · FT)
- ~ Unità di misura comune di FT e **Inventory Turns**:

$$IT = \frac{I}{FT}$$

 che da informazioni riguarda alla velocità con cui le flow unit vengono trasformate da input a output.
 - ↳ QUESTO indicatore sta inoltre alla base del calcolo degli inventory costs associati ad ogni unità.

No Buffer perché essendo una procedura di lavoro non posso immaginare

2^a FASE: raccolta info che mi servono per analisi successive

quindi:

OSSERVAZIONI:

- 1) I BUFFER sono in grado di gestire flow unit di tipo diverso
- 2) LE ATTIVITA' DI SOLO sono in grado di gestire un unico tipo di f.u.
- 3) Alcune ATTIVITA' (es: ASCENSORI) NON VENGONO considerate nel PROCESS FLOW DIAGRAM PERCHÉ:
 - a) non aggiungono valore
 - b) flow unit rimane poco tempo in quella attività (bassi process time)
 - c) non sono uncolun x il process → anche se in uno schema di costi andrebbero inserite
- 4) Nei processi continui non possono esistere BUFFER INTERMEDI (devo dimensionare il process sulla risorsa scarsa)
- 5) Pur non conoscendo nel dettaglio il funzionamento del process posso analizzarlo
- 6) Il process flow diagram non rappresenta il layout
- 7) Scendendo ad un livello meno aggregato alcune attività diventano processi

nell'esercizio individualissimo il collo di bottiglia (quello con capacità minore) 120 ton/h per il riscaldatore

le capacità del process cominciano con il collo di bottiglia

DEFINIZIONE:

- CAPACITA' PROCESSO: quantità max di flow unit che il process è in grado di produrre/generare nell'unità di tempo
 - ↳ per determinarla devo prima individuare la capacità di ogni singola risorsa
- CAPACITA' ATTIVITA'/RISORSA: QUANTITA' max di f.u. producibile da una data risorsa nell'unità di tempo

NOTA BENE: Capacità ≠ Flow rate M) Flow rate ≤ CAPACITY
 quanto il processo può produrre quanto il processo produce SEMPRE!

DEFINIZIONI: **CAPACITA' PROCESSO** = min (capacità attività_i)
flow rate = min (capacità processo, domanda, input)

I processi possono essere classificati in

demand-constrained se domanda < capacità produttiva (supply)
 ↳ No risorse che lavorano al 100% ↳ flow rate = demand rate

supply-constrained: se domanda > capacità produttiva (supply)
 ↳ SÌ una risorsa che lavora al 100% SEMPRE!! ↳ input constrained: se risorsa uncolunare è l'input
 ↳ no attività 100%

⇒ Capacità Processo ≡ Collo di Bottiglia

RICORDA: per le aziende importanti minimizzare costi o massimizzare guadagni, non massimizzare l'utilizzo

NOTA: UTILIZZO DA INFO riguarda l' "eccesso di capacità" ma non possiamo vedere quanto domanda eccede la capacità del processo

$$U_i = \frac{TH}{C_i} \cdot 100 = \text{TASSO UTILIZZO RISORSE}$$

$$U_{LP} = \frac{75}{120} = 62,5\%$$

$$U_{R2} = \frac{75}{100} = 75\%$$

$$U_B = \frac{75}{165} = 45,5\%$$

$$U_{LH} = \frac{75}{110} = 68,2\%$$

$$U_{FH} = \frac{75}{135} = 55,6\%$$

$$U_{SR} = \frac{75}{112} = 66,9\%$$

$$U_D = \frac{75}{118} = 63,6\%$$

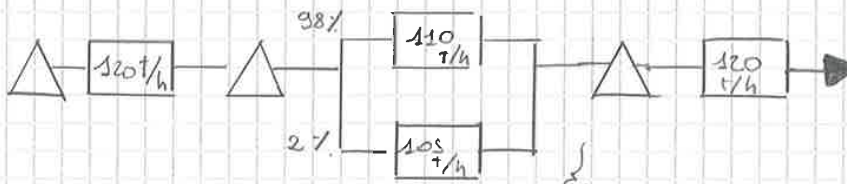
~ 60% UTILIZZO MEDIO

Il complemento a 1 dell'utilizzo è la probabilità di non so periodo di trovare la risorsa libera

Il fatto che max utilizzo sia 100% ci dice che c'è sbilanciamento

Considerando l'utilizzo posso valutare meglio la definizione di collo di bottiglia

COLLO DI BOTTIGLIA ⇒ RISORSA CON > TASSO DI UTILIZZO



$$d = 100 \text{ t/h}$$

$$U_1 = \frac{100}{120} = U_4 = 83\%$$

$$U_2 = \frac{98}{110} = 89\%$$

$$U_3 = \frac{2}{105} = 1,9\%$$

esempio: in ospedale arrivano pazienti x che si dividono in 2 file in base alla gravità.

collo di bottiglia ⇒ se avessi calcolato il cdb con le capacità mi sarei aspettato U_3 , ma devo valutare come calcoleremo in base al tipo di flusso

se flusso lineare ⇒ non cambia niente se uso capacità o utilizzo, il cdb viene lo stesso

se flusso non lineare ⇒ NO, in quanto l'utilizzo vede esattamente quanto mi sta arrivando ma la misura, la capacità no.

Quindi il cdb secondo l'utilizzo va a incidere sul TH?

NO! perché lo sto valutando il processo senza sapere come si dividono. Devono sempre prendere la capacità minima

Riflessione: non ho buffer quindi, ogni 35 min escono 28 tonnellate da R1 e le appoggio in R2, R2 lo accendo solo quando è pieno, ma poi per 4 ore lavoro, che faccio? spendo R1 x 4 h?

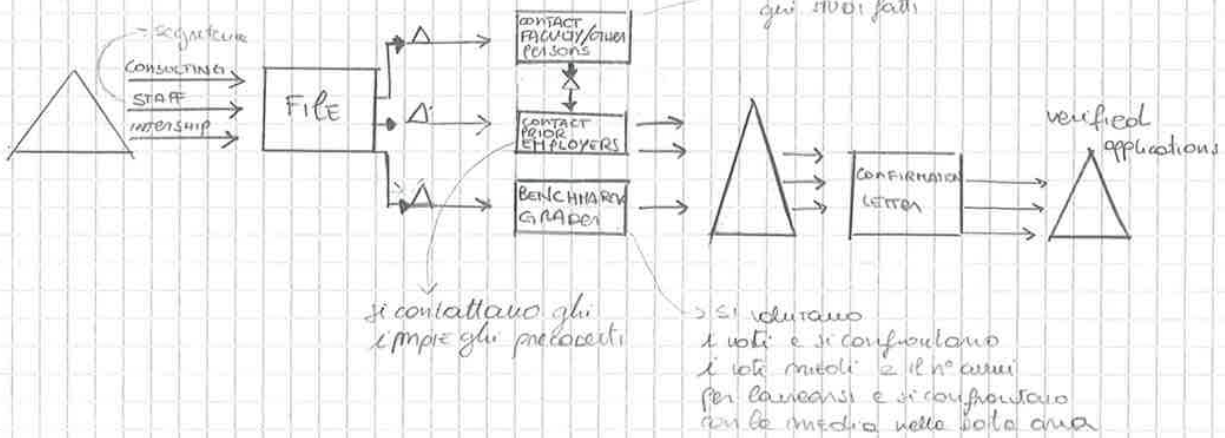
Questo esercizio è perciò stato pensato male

ESEMPIO: Azienda che processa curriculum

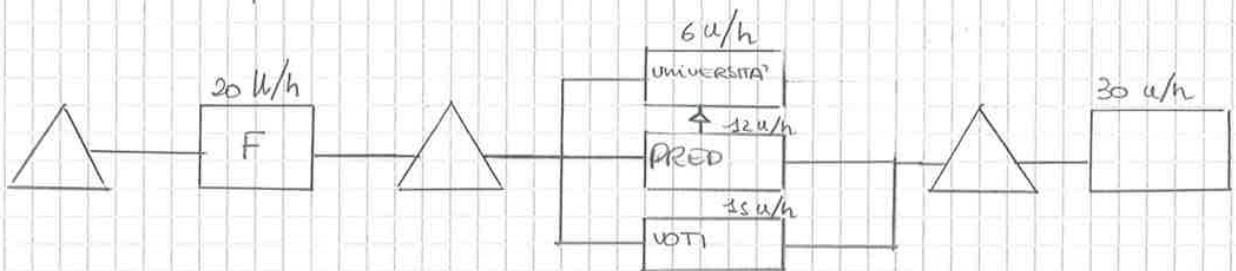
13

NOTA: di solito quando ha pezzi diversi uso come unità il TEMPO

In questo caso non ho senso usare il tempo.



DATI	PROCESSING TIME	NUMBER OF WORKS	CAPACITY
FILE	3 [min/appl.]	1	$\frac{1}{3}$ [appl/min] = $\frac{20 \text{ appl}}{h}$
CONTACT PERSONS	20	2	$\frac{2}{20} = 6$ [appl/h]
CONTACT EMPLOYERS	15	3	$\frac{3}{15} = 12$
GRADE/Schvaop Analysis	8	2	$\frac{2}{8} = 15$
CONFIRMATION LETTER	2	1	$\frac{1}{2} = 30$



domanda: $\forall h$

- 3 cv consulenza
- 11 cv staff
- 4 cv processo

NOTA: in questo caso non uso il tempo perché cambia se sono diversi non impatta sul processo

collo di Bottiglia $\Rightarrow U = \frac{TH}{cap}$

capacità minima = 6 u/h

$U_{FILE} = \frac{TH}{20}$

non c'è ho fatto come prima caso calcolo in

le \Rightarrow li metto tutti insieme perché ci mette 3 min a presenziare ad curriculum

$iu = \frac{dom}{cap} = \frac{18}{20} = 0,9 = 90\%$

ESERCIZIO PER CASA: IMPETARE E SERVIZIO PRECEDENTE USANDO COME flow unit 35
 15 minuti di lavoro

domanda:

- 3 CV CONSULENZA
- 11 CV STAFF
- 4 CV TIROCINIO

NON SO QUANTI MINUTI IMPIEGO PER OGNI
 SINGOLA PERICOLO LI CONSIDERO TUTTI UGUALI
 E PRENDO COME domanda tempo di processo
 PER N° CV

$$U = \frac{\text{domanda}}{\text{CAPACITÀ}} = \frac{\text{Tempo processo} \cdot \text{N° pezzi richiesti}}{\text{minuti} \cdot \text{N° h} \cdot \text{N° operatori}}$$

$$U_{FILE} = \frac{3 \cdot 3 + 11 \cdot 3 + 4 \cdot 3}{60 \cdot 1} = \frac{54}{60} = 90\%$$

$$U_{CONSUL} = \frac{3 \cdot 20}{60 \cdot 2} = \frac{60}{120} = 50\%$$

$$U_{STAFF} = \frac{11 \cdot 15 + 3 \cdot 15}{60 \cdot 3} = \frac{210}{180} = 117\% \rightarrow \text{CAPO DI BOTTIGLIA}$$

$$U_{TIROCINIO} = \frac{4 \cdot 8}{60 \cdot 2} = \frac{32}{120} = 27\%$$

$$U_{CONFERMAZIONE LETTERE} = \frac{3 \cdot 2 + 11 \cdot 2 + 4 \cdot 2}{60} = \frac{36}{60} = 60\%$$

NOTA

USARE IL TEMPO E' CONVENIENTE PERCHE' PUO' CAPITARE CHE OGNI PETTO NECESSITI DI TEMPI DIVERSI DI LAVORO

SE PER. ESAMPIO HO:

CONSULENZA	4 min / CV
STAFF	3 min / CV
TIROCINIO	2 min / CV

IN MEDIA IL TEMPO E' 3 MA SE IO VOGLIO QUESTI TEMPI SPECIFICI CON UNITA' = CV NON POSSO FARLO MA CON I MINUTI SC.

SE HO IL MINUTO, LA CAPACITA' LA SO SEMPRE, E' 60 min/h

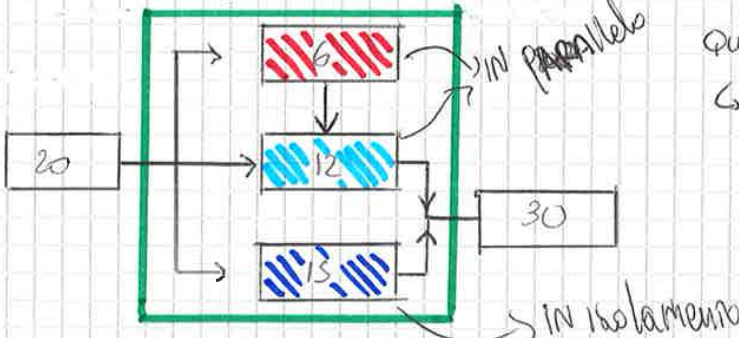
domanda = $(3 \cdot 4) + 11 \cdot 3 + 4 \cdot 2 = 53$ min/h

$$U_{FILE} = \frac{53}{60} = 88\%$$

quantità delle domande

lei ha scritto
 $4 \cdot 4 + 3 \cdot 11 + 2 \cdot 3 = 53$

il minuto di lavoro ci da una fotografia della capacità a prescindere dal mix di domanda



QUESTO E' IL NOSTRO SISTEMA:
 ↳ **Misto parallelo/seriale**
 ovvero: non con paralleli perfetti

nel caso (A) è più facile lavorare ma nel caso (B) sono certo che non avrò risorse inutilizzate

caso (A) domanda: USA 10
NON USA 5

Quone posso mi aspetto di veder usare coll' aeroporto ogni minuto?

» se casualità, non ho ordine preciso di uscita dei Bagagli

$$n^{\circ} \text{ USA } \sim (7, 10)$$

$$n^{\circ} \text{ NON USA } \sim (0, 3)$$

» se invece voglio approssimare il max iniziale 7 USA o 3 non usa (in realtà verrebbero 10 con le virgole perché sono $\frac{7}{10}$ e $\frac{3}{10}$ ma poiché 3 è il numero max di non usa approssimo quello per difetto e gli USA per eccesso)

$$10 = \frac{5}{7} \quad (u = \frac{15}{10}) \quad ??$$

Il CDB è l'immaginazione mia, perché prima mi venivano i Bagagli? → perché qualcuno non sono considerando il max di domanda

NOTA: si identifica sempre il CDB, si lavora su quello e poi si concentra su quelli che si originano (se ho risorse → no)

↳ se non ho abbastanza soldi devo vedere che modifiche fare per aumentare il mio denaro, può essere che la modifica migliore non sia da effettuare al CDB.

Ricapitolando:

- » 1) analisi di processo inizia con la costruzione del flow diagram
- » 2) identificare il CDB $\left\{ \begin{array}{l} \text{Fl. e flussi critici} \rightarrow \text{risorse con capacità} < \\ \text{in seriale: risorsa con il maggiore} \end{array} \right.$
- » 3) collocare le varie misure di performance (es: FLOW RATE)

ANALISI PROCESSO CON FLOW UNIT UNICA:

- 1) Trovare capacità di ogni attività
- 2) Attività/risorsa con capacità minore è il CDB \rightarrow capacità CDB = capacità processo
- 3) Trovo FLOW RATE = min { INPUT, domanda, capacità }
- 4) output = $\frac{\text{FLOW RATE}}{\text{CAPACITY}}$

ANALISI DI PROCESSO CON FLOW UNITS MULTIPLE

Scegliere flow unit aggregata (es: minuti di lavoro) e collocare per ogni step il n° TOT di minuti impegnati da tale attività

ESEMPIO: conosco il TH e conosco i pezzi dell'ordine posso valutare quanto glielo conseguro?

$$\left. \begin{array}{l} \text{TH} \text{ noto} \\ X \text{ noto} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{X}{\text{TH}} = \text{FT} \rightarrow \text{misuro il tempo che mi serve se il sistema è a regime, se è spento non è cost.}$$

Ovviamente se gli impianti sono già occupati per altre lavori devo sommare il tempo che mi serve a quello.

ⓑ) domanda = 700 u/mese

TH = $\text{min}(700, 644) = 644$

$M_1 = \frac{644}{7.5 \cdot 4.46} = 100\%$

$M_2 = \frac{644}{7.5 \cdot 4.545} = 84\%$

$M_3 = \frac{644}{7.5 \cdot 4.75} = 61\%$

ESERCIZIO A CASA: calcolare gli IU

costo ⓐ) → sono uguali all' u

$M_1 = \frac{200}{4.6 \cdot 7.5 \cdot 4} = 31\%$

$M_2 = \frac{200}{5.45 \cdot 7.5 \cdot 4} = 26\%$

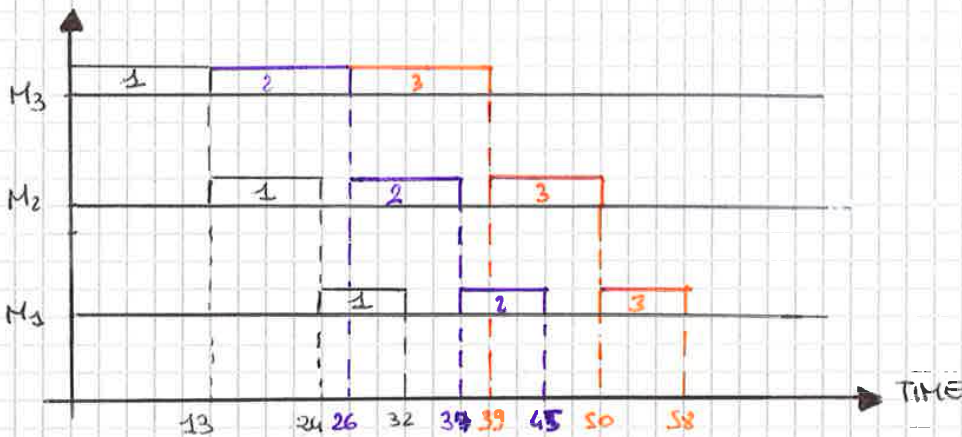
$M_3 = \frac{200}{7.5 \cdot 7.5 \cdot 4} = 19\%$

costo ⓑ)

$M_1 = \frac{700}{4.6 \cdot 7.5 \cdot 4} = 108.7\% \rightarrow \text{cde}$

$M_2 = \frac{700}{5.45 \cdot 7.5 \cdot 4} = 91.7\%$

$M_3 = \frac{700}{7.5 \cdot 7.5 \cdot 4} = 66.67\%$



1° esce a T = 32
2° esce a T = 45
3° esce a T = 58
} sto considerando 3 pezzi

$X = 3$
 $FT = 58$ } $\rightarrow \text{LITTLE} \Rightarrow TH = \frac{X}{FT} = \frac{3}{58} \cdot 60 = 31 \frac{u}{h}$

per lavoro in h

avanzo detto da esse 4,6

Perché:

A mano a mano che aggiungo unità, mi avvicino al 4,6 che ho trovato prima in quanto 4,6 è per la macchina che lavora a regime

es: $X = 4$
 $FT = 71$ } $TH = \frac{4}{71} \cdot 60 = 3,4$

es: $X = 5$
 $FT = 84$ } $TH = \frac{5}{84} \cdot 60 = 3,6$ ecc. -

B) e C) PERCHÉ gli operai li fanno per tutto il tempo che li ho in CORRENTO? **CHIENDE** anche se sono inutilizzati 21

NOTA: FAGO ANCHE L'IDLE TIME

ESERCIZIO A COSA: ogni operatore quanto lavoro e quanto sta fermo? (NON SA SE E' CONETTO) (IDLE TIME o tempo ATTIVO) e VEDERE SE OGNUNO LA STESSA QUOTA AI TEMPI ALLUNGO LO STESSO VALORE

UNITA' 1: 0 attese
 UNITA' 2: M1=0 min M2=2 min M3=5 min
 UNITA' 3: M1=0 min M2=2 min M3=5 min

QUINDI IDLE TIME M1 } +
 IDLE TIME M2 } + \Rightarrow IDLE TIME TOTALE $[0+2+5]$ per OGNI
 IDLE TIME M3 } +
 (UNITA')

tempi attivi:
 labor content M1 = $7.5 \cdot 4 \cdot 60 = 8400$ min
 labor content M2 = $7.5 \cdot 4 \cdot 60 - 1286 = 7114$ min
 labor content M3 = $7.5 \cdot 4 \cdot 60 - 3213 = 5185$ min

DEFINIZIONE: **UTILIZZO MEDIO**

$$\bar{u} = \frac{\text{labor content}}{\text{labor content} + \text{IDLE TIME}}$$

DEFINIZIONE: **IDLE TIME SINGOLA RISORSA**

$$it = CT - p_i$$

cycle time
Process time

$it = 13 - 13 + 13 - 11 + 13 - 8 = [0 + 2 + 5]$

questo valore è quello che si vede dal GAUNT

NON STO TENENDO CONTO DELLE DOMANDE !!!

Non stiamo considerando l'idle time grazie del fine corso \Rightarrow quindi lo abbiamo fatto per il NO di UNITA' che FACCIO

Domanda: come calcolo l'it tenendo conto delle domande?

Per tenere conto delle domande, il cycle time **NON** è 13! \Rightarrow infatti così farebbe e ricominci subito il MA.

Il cycle time pieno, è maggiore, come faccio a dire quello?

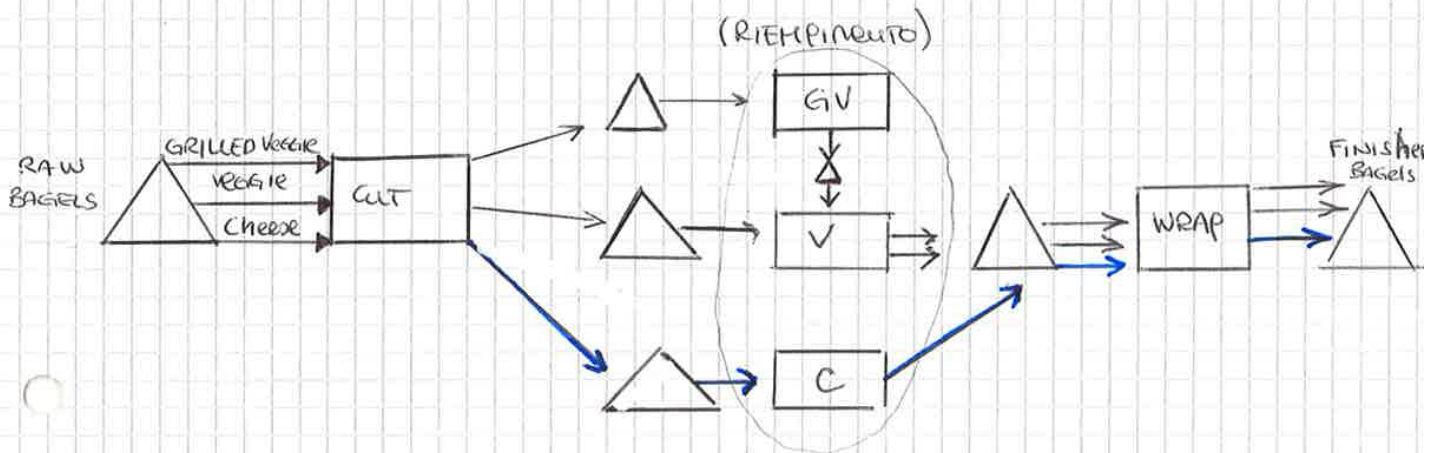
cycle Time \rightarrow Tempo che intercorre tra l'inizio di 2 nonopertini consecutivi, (in 1 ora escono 4/6 unita' \rightarrow però il cycle time non rappresenta il tempo di usare (continua a pg 25)

ESERCIZI IN AULA CAPITOLO 3

ES) FABBRICA PRODUCE PANINI: domanda = 180 panini al giorno

dov GV 30
 dov V 110
 dov C 40

} un solo lavoratore che lavora 10 ore



domanda trasportata in ore:

GV 3/h
 V 11/h
 C 4/h

<u>TEMPI DI LAVORO:</u>	<u>CUT</u>	<u>GRILLED STUFF</u>	<u>VEGGIES</u>	<u>Cream Cheese</u>	<u>WRAP</u>
	3 min/p	10 min/l	5 min/p	4 min/p	2 min/p

Domande: 1) Bottleneck?
 2) Quante unità posso produrre esattamente da (n ± ore) alla fine esce lo stesso mix che all'inizio?

① Di fatto è una linea quindi posso calcolare le capacità per capire qual'è il CB

$$C_{cut} = \frac{60}{3} = 20 \text{ panini/h}$$

$$C_{GV} = \frac{60}{10} = 6 \text{ panini/h} \rightarrow \text{COLLO DI BOTTIGLIERE (a prescindere dal mix)}$$

$$C_V = \frac{60}{5} = 12 \text{ panini/h}$$

$$C_C = \frac{60}{4} = 15 \text{ panini/h}$$

$$C_{WRAP} = \frac{60}{2} = 30 \text{ panini/h}$$

E3) AZIENDA DI FROGGE, ogni ora arrivano in tutto 150 scatole e vengono imballate con una velocità di 100 scatole/h 25

- I camion arrivano uniformemente dalle 6 alle 14 quindi si inizia a lavorare alle 6.
- Il magazzino può contenere al max 200 scatole, quelle che non ci entrano nell'angolo sul camion finché non si libera posto
- Le mattina il NS è vuoto

- a) Max valore di cassette in attesa sui camion?
- b) Quando il camion smette di aspettare?
- c) Quando mi spetto che l'impianto finisce di lavorare?
- d) Con camion fermi chiedo lavorazione per aumentare capacità a 125/h quando il camion smette di aspettare e quando l'impianto finisce di lavorare?



Ogni 4 ore arrivano $150 \cdot 4$ e smaltisco $100 \cdot 4 \Rightarrow 600 - 400 = 200$ che accumulo

Poiché dalle 6.00 alle 11.00 lavoriamo 5 ore quindi alla fine 400 di cui 200 in NS e 200 in attesa sul camion

b) Dalle 14.00 alle 16.00 si svuota il NS, possono i camion smontarsi

c) Dalle 16.00 alle 18.00 si svuota definitivamente il NS, perciò finisce di lavorare l'impianto

d) Alle 10 inizia a lavorare $14.00 \rightarrow$ NS 200 + 100 sul piazzale

$$\downarrow$$

$$125 : 60 = 100 : x \quad \rightarrow x = 48 \text{ min}$$

- camion se no vanno alle 14.48
- impianto smette di lavorare alle 16.48

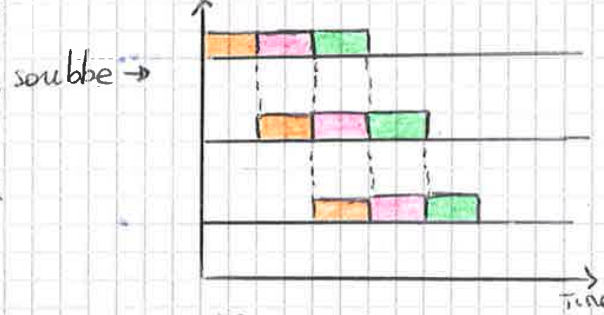
→ CONTINUO DI PAG 21

CYCLE TIME = $\frac{1}{TH} = \frac{1}{\text{min} \cdot 50,1619} = \frac{1}{50 \text{ u/set}} = 61,02 \frac{\text{cycle time}}{\text{min}}$

però avendo il CT posso calcolare l'IT

- | | |
|----------------|----------------------------|
| 1° lavorazione | $43 - 13 = 28 \text{ min}$ |
| 2° lavorazione | $42 - 11 = 30 \text{ min}$ |
| 3° lavorazione | $41 - 8 = 33 \text{ min}$ |

Se RAGGIUNGERSI 30,6 min/u
 ↳ rincarare a fare 5,66 u/h
 ↳ 792 u/mese



21
 TUTTI
 RETRAGGILI
 USUOLI CON
 SINGOLARE
 NE COMPLETE

con queste misure a soddisfare le richieste, ovviamente non amiamo mai precisazione e quelle suddivisione dei tempi!

Infatti quando trasferisco un compito da un lavoratore all'altro, devo trasferire tutto il suo tempo, non posso farlo!! e non posso mixare!

esecuzione: volutamente coperto max della linea (< 792) (e cost) → tenerla come sul libro

allora: la situazione ottimale sarebbe 30,6 min/u → 636 secondi x ogni lavoratore
 con il raggruppamento di prima cio diventa

- W1: 674 s → (sposto il 52 al 2°) → 623 s/u
- W2: 635 s → (ricevo 51 e da 84 al 3°) → 635 + 51 - 84 = 602 s/u
- W3: 581 s → (ricevo 84 dal 2°) → 581 + 84 = 665 s/u

per vedere u/s → invento $\frac{1}{665} = 1,5 \cdot 10^{-3}$
 (caso peggiore il più grande)

per vedere u/settimana → $\frac{1}{665} \cdot 60 \cdot 60 \cdot 7 \cdot 59 = 189,5 \text{ u/s}$

189,5 u/set · 4 set/mese = 758 unità/mese → soddisfa la richiesta!

ma cosa abbiamo appena fatto: **ABBIAO BILANCIATO LA LINEA**

Line Balancing o Assembly line Balancing

Devo vedere se ho vincoli di precedenza tra una cosa e l'altra, se ho qualcosa di non vincolato pero mixabile per ottenere la capacita migliore (piu elevata)

se nell'esercizio riuscissi a fare 792 u/mese (a ossimmo)

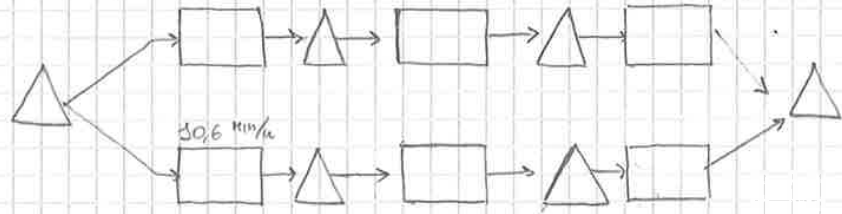
o con la linea bilanciata sono a 700 facilmente
 o aggiungendo solo 20 min di straordinario a persona a settimana sono anche a 800

NOTA: Quando siamo capacity constrained per aumentare TA bilanciamo la linea

Supponiamo d = 1500 u/mese

→ con linea bilanciata e con straordinario NON ci sono perdite quindi fare circa 7 h/set di straordinario

Ma poiche con 3 uomini soddisfo 700, poiche ora e' doppia la richiesta, raddoppio gli uomini per → **RADDOPPIO LA LINEA**



Con 700 u/lett devo assumere 9 lavoratori, c'è il modo per assumerne meno? (SENZA PAGARE STRAORDINARI)

↳ Supponendo che una sola persona faccia tutto (tutti e 32 i min)

Se una persona fa 32 min un pezzo in una giornata di 7 ore, fa 13,2 unita-
↳ in 1 settimana fa: $13,2 \cdot 5 = 65,63$

quindi $\frac{700}{65,63} = 10,66 \rightarrow 11$ lavoratori necessari anziché 12

Nell'esempio visto, affidando tutto il processo a 1 solo operario ho risparmiato un operario e ho però ottenuto meno pezzi (2 e non 3, ma perché?)

↳ Perché il lavoratore è di FERSE una linea bilanciata? Perché assumendo che il lavoratore non faccia pause, l'IDLE TIME è 0. (può lavorare 2 h piena senza perdere neanche un secondo)

Se sfruttato tutto il tempo di un lavoratore, che fa tutto il processo ho una **WORKCELL** → A parità di tempo di processo riesco ad avere più alta efficienza.

↳ **NOTA:** non è detto che tutti i lavoratori fanno tutto, quindi, devo fare formazione accurata, è vero però che risparmio uno stipendio, ma almeno all'inizio penso in produttività.

SPAN OF CONTROL → (TOTALE TEMPO ATTIVO IN CARICO UNA MISTA)

↳ Maggiore è fino a un certo punto del labour content → Aumenta l'efficacia che posso guadagnare

RIASSUMENDO

1) **BILANCIAMENTO** di una linea produttiva mismatch tra domanda interna e offerta → Aumento attesa → Diminuzione produttività.

Perché: se la domanda aumenta molto devo scegliere

1) **BILANCIARE LE LINEE** e se la domanda è aumentata **LE REPLICARE**

↳ quasi sempre conviene farlo (vedi a) del pt 3)

VANTAGGIO: posso beneficiare degli studi fatti per le linee già bilanciate

SVANTAGGIO: non è economicamente la via più efficiente per allocare le nuove risorse in quanto mantiene costante il rapporto tra le risorse per ogni STEP. (Però se servono 3 nuove risorse al CAB, sono obbligato ad aggiungerle anche alle altre, anche se non necessitano)

2) **Aumento risorse a V attività:** Assegno lavoratori aggiuntivi a ogni attività

VANTAGGIO: Ho più flessibilità nell'aumentare le risorse

$$\text{lo trovo con } n^{\circ} \text{ risorse} \times \text{STADIO} = \frac{\text{Capacità richiesta}}{\text{capacità disponibile nello stadio}} = \frac{\text{Capacità richiesta}}{\text{Process. Time } t}$$

3) **VARIANTE SUDDIVISIONE TASK:**

↳ **POSSO AVERE ALTA SPECIALIZZAZIONE:** il non aumento di lavoro che un operatore de-ottimizza e' notevolmente ridotto
SPAN OF CONTROL → RIDOTTO

a) **questo comporta:** migliore specializzazione del lavoratore che quindi,

② Capacità di assemblaggio all'ora?

Come calcolato prima 40 u/h perché è la stessa del cdb

31

③ Se personale costa 2 persone 15 €/h prezzo dollaro/giocattolo? ^(euro) _(u)

$$\frac{15 \text{ €/h}}{40 \text{ u/h}} \cdot 9 \text{ stazioni} = 3,375 \text{ €/u}$$

↳ In ogni stazione sta lo stesso tempo

④ Prezzo dollaro/giocattolo movimento WORKCELL

$$75 + 85 + 90 + 65 + 70 + 55 + 80 + 65 + 80 = 665 \text{ s}$$

Tutti da una persona
↳ per fare 1

$$665 \text{ s/u} \cdot \frac{15 \text{ €}}{60 \text{ min} \cdot 60 \text{ sec}} = 2,77 \text{ €/u}$$

Torna così perché con WORKCELL NON HO IDE TIME ≠ la domanda ③

⑤ UTILIZZO STAZIONE 2?

$$u = \frac{\text{TH}}{\text{capacità risorsa}} = \frac{40 \text{ u/h}}{42 \text{ u/h}} = 0,952 = 95,2\%$$

min {domanda, capacità} → poiché nel

Ho storico riduzione della domanda, quindi rinvio a 6 lavoratori

⑥ Come suddividere i compiti? (NON POSSO SPEZZARE LE RISORSE e DEVO MANTENERE l'ordine)

Devo suddividere per avere la linea il più bilanciata possibile

$$\frac{665 \text{ s/u}}{6 \text{ lavoratori}} = 110,83 \text{ s per ogni operai} \rightarrow \text{così perfetto, mi devo avvicinare il più possibile}$$

- 75
- 85
- 90
- 65
- 70
- 55
- 80
- 65
- 80

Primo VANI ragionamenti e OTTURO chi il migliore è:

↳ durata percol

- MIN 75
- 85
- 90
- 135
- 135

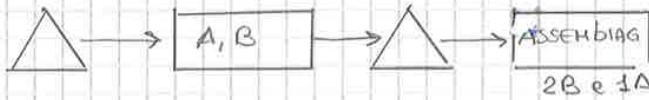
$$\text{MAX } 145 \rightarrow \text{CDB} \quad \text{capacità } \frac{1}{145} \cdot 3600 = 24,83 \text{ u/h}$$

NOTA: Avere 145max e 75min o avere 165max e 55min non è lo stesso caso, INFATTI, nel secondo caso la CDB = $\frac{1}{165} \cdot 3600 =$ che è < dell'altro caso

↳ IL MIO OBIETTIVO È AVERE IL MAX PIÙ PICCOLO POSSIBILE E IL MIN PIÙ GRANDE POSSIBILE

Supponiamo:

33

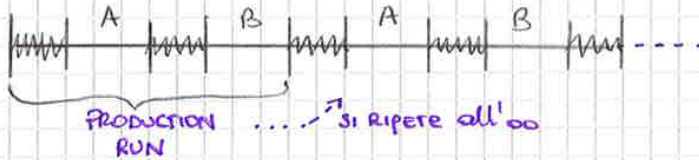


non ha senso produrre 1B e 1A \rightarrow ha senso 1A e 2B
 2A e 4B
 3A e 6B ecc.

\rightarrow la produzione è guidata dalla domanda!
 \rightarrow Qui la flow unit è il **COMPONENT SET** \rightarrow (che chiamavamo MIX) ovvero
deve essere quello
il più
vantaggioso

Nell'esempio il component set è 1A e 2B \rightarrow se producessi 100 component set produci 100A e 200B

NOTA: LA PRODUZIONE DEL COMPONENT SET NON È CONTINUA, È SEPARATA DA SETUP
PRODUCTION RUN: INSIEME DELLE ATTIVITÀ DI PRODUZIONE E SETUP DI UN SISTEMA CHE SI RIPETE ALL'OO



BATCH: insieme di flow unit che producono tutti insieme ?

\rightarrow Devo definire il mix component set e su questo il batch

\rightarrow Quanto più grande è il lotto, quanto più piccolo è la capacità piena, ma tanto più elevato è il MG, quindi, tanto più elevato il mismatch tra domanda e offerta (temporaneo)

Assumo: B = monopattini domanda: 20 bic
 A = biciclette 140 monopattini } al/gg

se lavoro 7 h/gg \rightarrow domanda: bic = 20/7 bic/h
 monopattini = 140/7 monopattini/h

Per produrre per esempio i 2 prodotti a settimana alterni, a fine settimana 1 giorno dove in 16 le A per coprire tutta la settimana seguente \rightarrow MG elevato!

NOTA: noi stiamo considerando i con in cui il setup ha impatto solo sulle capacità produttive e non sui costi

ORA CERCHIAMO DI CAPIRE COSA SOCCORRE AI MG:

35

ESEMPIO: AZIENDA PRODUCE AUTOMOBILI:

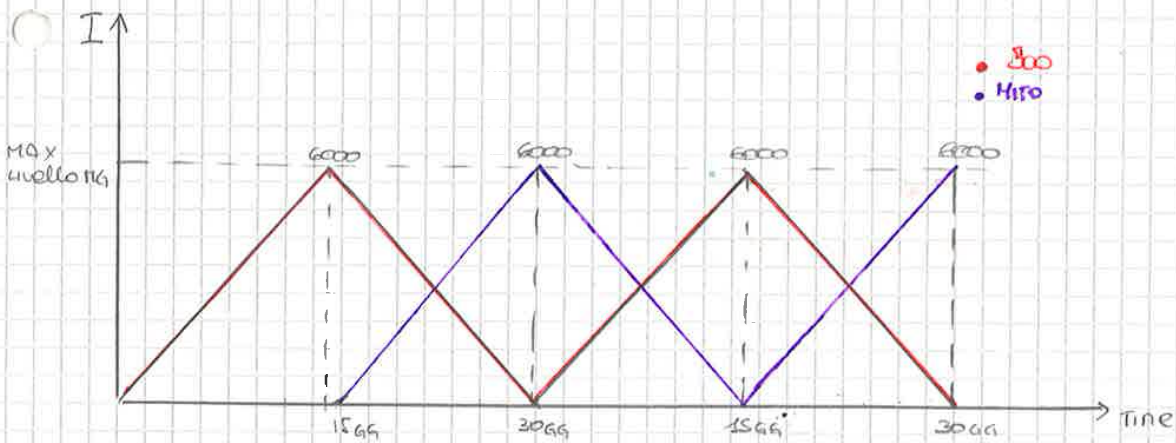
DUE TIPOLOGIE: JOB $d_{job} = 400$ u/gg
 MITO $d_{mito} = 400$ u/gg

Capacità = 800 u/gg

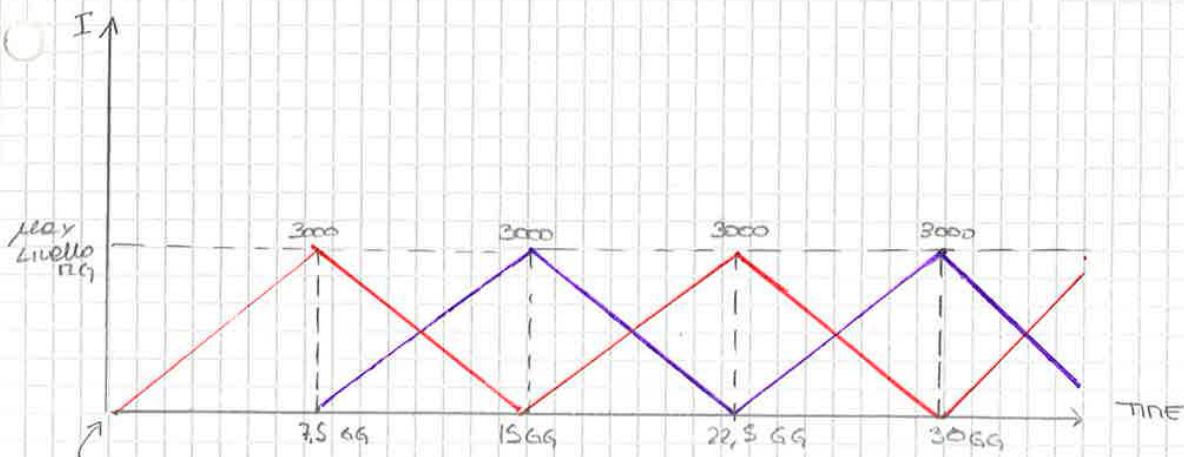
A) FUGO che non ci siano setup \rightarrow ogni gg mi conviene produrre 400 e 400 e cioè $MG=0$

B) Ci sono i setup \rightarrow Azienda decide di produrre celli 1 al 15 del mese la 300 DAL 16 al 30 la MITO

\rightarrow Succede che nei primi 15 gg gio produce 300/gg di 500 perché mi servono un mg tole di manutenzione la domanda di quanto produce solo MITO 10em per le rito dal 16 al 30



Se invece di alterare ogni 15 gg alteriamo ogni settimana. (1sett \rightarrow 7,5gg)



ovviamente potrà sempre all'equilibrio se no all'inizio non aveva MITO da vendere

Nel 2° caso ho più setup quindi maggiore di capacity ma minore MG

$$\text{Magazzino Max} \Rightarrow I_{max} = (I_H - \text{domanda}) \cdot n^{\circ} \text{GG}$$

$$COP_{lotto 200} = \frac{200}{(60+60) + 200(1+1)} = 0,33 \text{ u/min}$$

$$COP_{Assemblaggio} = 0,33 \text{ u/min}$$

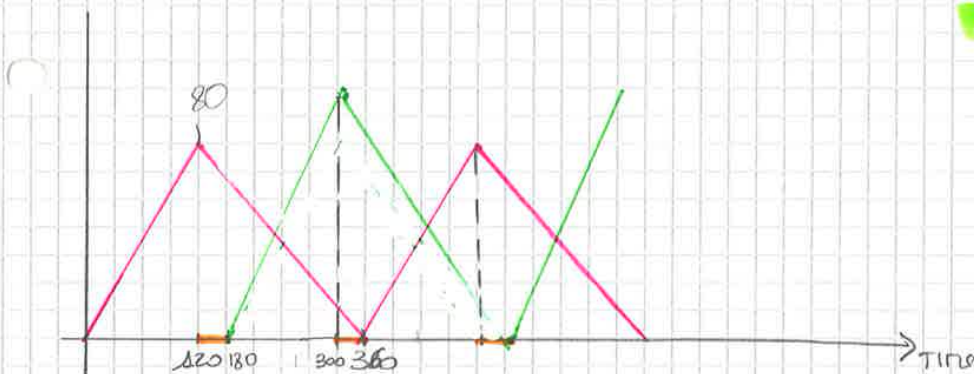
L'IDLE TIME È CAUSATO DAL FATTO CHE SIAMO PRODUCENDO PIÙ DI QUANTO SIAMO IN GRADO DI ASSEMBLARE

PERCÌ IL BATCH LO DEVO CALCOLARE INVERTENDO LA FORMULA DELLA CAPACITÀ, QUANDO HO LA CAPACITÀ:

$$0,33 = \frac{B}{120 + B \cdot 2} \quad B = 120 \text{ u in } 200 \text{ min}$$

↑
considero 1/2

(A cose) Verificare che è sparito l'IDLE TIME



NOTA: come già detto prima il tempo di produzione dipende da quante unità devo produrre e quanto ci metto a produrle. In questo caso coincide prima il tempo di A con quello di B ed è 120 min.

A, ne produco 1 al minuto perciò \rightarrow produco 120 u in 120 min
 consumo di A in 120 min $\rightarrow 120 \cdot 0,33 = 40 \text{ u}$ $120 - 40 = 80 \text{ Mg}$
 in quanto tempo finisco A $\rightarrow \frac{80}{0,33} = 240 \text{ min} \rightarrow$ FINISCO a 360 min.

B ne produco 2 al minuto (\pm ogni 0,5 minuti) \rightarrow produco 240 u in 120 min
 consumo di B in 120 min $\rightarrow 120 \cdot 0,66 = 80 \text{ u}$ $\text{Mg } 240 - 80 = 160 \text{ Mg}$
 in quanto tempo finisco B $\rightarrow \frac{160}{0,66} = 240 \text{ min} \rightarrow$ FINISCO a 360 min.

INIZIO A a 0 e lo concludo a 360

INIZIO B a $120 + 60 = 180$ e lo concludo a 360

na finisco di produrre a $180 + 120 = 300 \rightarrow + 60 \text{ setup} = 360$ può ripartire subito A

\rightarrow c'è ho eliminato l'IDLE TIME (100 min per B)

Quindi: dato il batch trovo la capacità e dato la capacità trovo il batch.

Prodotto	olomoure	setup	tempo processo
Prodotto A	100 lt/h	30 min	$\frac{1}{300}$ h/et
Prodotto C	75 lt/h	30 min	$\frac{1}{300}$ h/et
Prodotto D	30 lt/h	30 min	$\frac{1}{300}$ h/et

$Cap_i = \frac{1}{\frac{1}{300}} = 300 \text{ lt/h} \rightarrow$ SE PRODUCESSI SOLO UNO TRA A E C

poiché voglio produrre 2, la capacità sarà minore perché tempo conto olei setup in 1 gg

Il tempo di processo è uguale per tutti e 2 \rightarrow flow unit: LITRI

\rightarrow da quantità di A e C per ora non mi interessa \rightarrow li separo alle fine

\rightarrow quindi per ora ragioniamo in litri mescolando A e C

B = batch = n° litri x ogni production cycle

$$\frac{B}{1h + B \cdot \frac{1}{300}} = 175 \text{ q/h} \rightarrow \text{domanda totale in Litri (300 + 75)}$$

$$175 = 0,47 B \quad B = 419,66 = 420 \text{ lt/h}$$

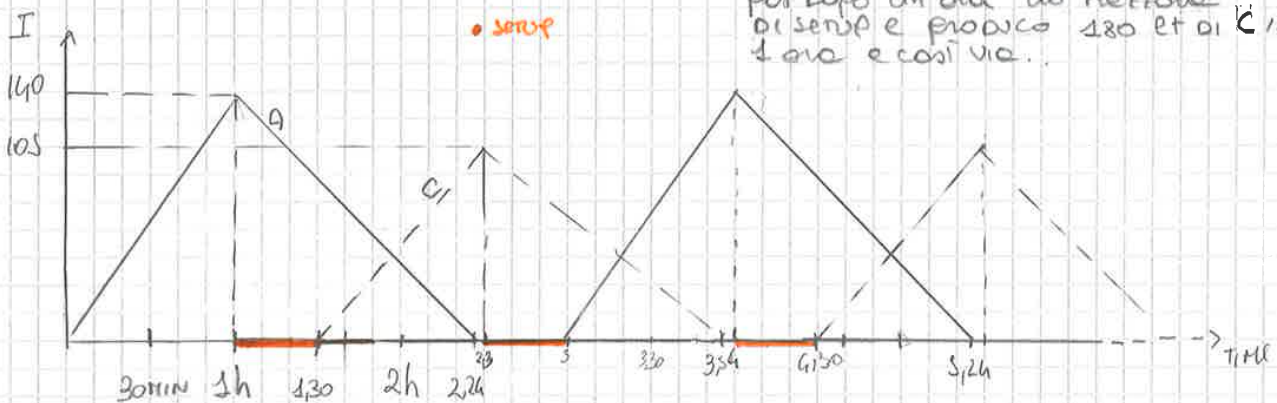
ora devo separare, quanti A e quanti C $\rightarrow 420 : 175 = X_A : 100$

$$X_A = 240 \text{ lt/h}$$

$$X_C = 420 - 240 = 180 \text{ lt/h}$$

esercizio a casa: Disegnare i MG

io produco in 1 h 240 lt A poi dopo un'ora ho nettare di setup e produco 180 lt di C in 1 ora e così via.



• in 1 h consumo 100 lt di A, punto zero e MG $240 - 100 = 140 \text{ lt}$
 e se in 1 h la domanda è 100, in quanto finisco il MG?

$$100 : 1h = 140 : x \quad \frac{140}{100} = 1,4 \text{ h} = 1h 24min \rightarrow \text{da cui finisco a } 2h \text{ e } 24min$$

• in 1 h consumo 75 lt di C, punto zero e MG $180 - 75 = 105 \text{ lt}$
 QND LO FINISCO?

$$75 : 1h = 105 : x = 1,4 \rightarrow \text{da cui finisco a } 3h \text{ e } 54min$$

I lotti dei prodotti, rispetto all'inizio sono comunque aumentati (Anche se la domanda TOT non è aumentata) quindi, qual'è il colpevole? \hookrightarrow

I colpevoli sono i **setup** \rightarrow perché aumentano e quindi, \times ogni ciclo $\text{tempo} > \text{capacità}$

QUINDI: **NOTA** \rightarrow la varietà di produzione porta **INTERAMENTE** problemi \rightarrow non è necessaria per risolvere con correnti sul mercato

\hookrightarrow la varietà è una fonte (buona) di variabilità (per attenzione ad aumento insidioso)

Adesso: come funzionano e che impatto hanno i setup nei processi, che funzionano per loro natura o vogliono essere fatti funzionare come processi continui.

\hookrightarrow OUNERO: **ELIMINO I BUFFER**

Esempio: impianto che produce succo d'arancia



1^a domanda: colb?

\hookrightarrow devo calcolare la capacità di quello centrale considerando i setup

$$C_{\text{Filtraggio}}(400) = \frac{400}{0,5 + 400 \left(\frac{1}{100}\right)} \approx 89 \text{ lt/h}$$

\uparrow
400
4 h

$$C_{\text{Spremitura}} < C_{\text{Filtraggio}}$$

\uparrow
COB

ERRORE: se dico che produco 80 lt/h sbaglia perché non esemplifica il buffer quando sono in setup di filtraggio e come se fossi anche in setup di spremitura

come vedo quanto produco realmente in 24h?

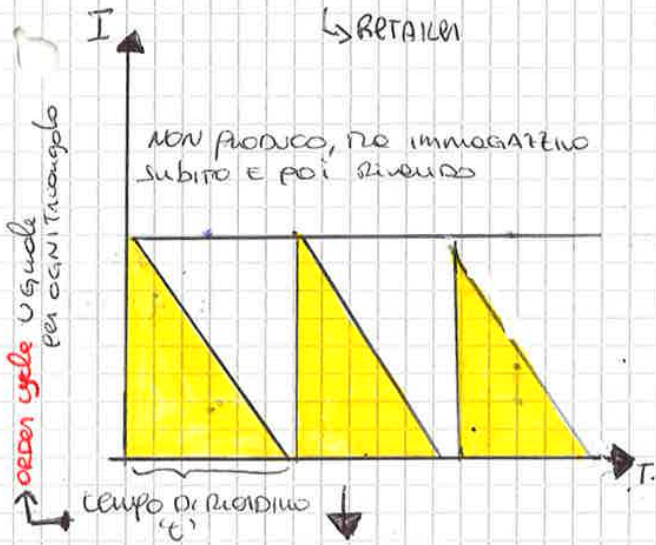
Realto sulla spremitura e setup e calcolo la capacità $C = \frac{80 \cdot 4}{0,5 + 320 \frac{1}{80}} = 71,1 \text{ lt/h}$

Noni lavorare anche sul filtraggio non volutamente quanto potrei produrre (100) ma quanto realmente si arriva (80) in realtà comunque (71,1)

\hookrightarrow per non far avvenire questo, uso le scorte di disaccoppiamento

CONTESTO RIVENDITA (RETI)

CONTESTO PRODUZIONE (RETI)



- 1° Capacità $\infty \rightarrow$ prodotti singoli
- 2° TASSI DI DOMANDA: - COSTANTE (non varia)
- DETERMINISTICA (ne conosco il valore)
- CONTINUA (costante per un determinato ciclo di tempo)
- 3° COSTI: indipendenti dalle quantità di merce che voglio immagazzinare
- 4° TEMPI APPROXIMAZIONE: = 0

quindi dal grafico vedo che: - RETTE VERTICALI perché è nullo il TEMPO DI SODDISFACIMENTO DELL'ORDINE LEAD TIME \rightarrow

BATCH: - TRIANGOLI TUTTI UGUALI perché sono DI DOMANDA (che dà la pendenza) e COSTANTI

EOQ

Modello robusto sulle gestioni delle scorte

DEVO arrivare alle DIMENSIONI OTTIME DELL'ORDINE Q^* per capire qual'è il mio COSTO TOT dell'ordine

NOTA: i SETUP sono anche trasporti, ordini, etc

Q^* livello di ordine ottimo \rightarrow mi porta il MG AL MIN

Domanda: pendenza delle RETTE = R

Nell'ORDER CYCLE consumo tutto il Q che ho in mg \rightarrow

$h = C \cdot h' \rightarrow$ COSTO MG = COSTO ACQUISTO \rightarrow COSTO ANNUO MANTOVA

\rightarrow costo totale per ogni T è $K + h \frac{Q}{R} \cdot \frac{Q}{2}$

Costo singolo ordine che non dipende dalla QTA che contiene ma da quante volte faccio l'ordine.

Costo per ciclo mg medio cioè l'area del triangolo $\cdot h$ che mi dice quanto costa un pezzo in base a quanto tempo sta in mg

NO INCIGNITO TASSO DOMANDA NOTO

Se TROVO l'area \rightarrow EOQ = Q^* forse sapere qual'è il punto ottimo di equilibrio

Se INTRODUCO LA variabile, queste non vale più

quando R determin. è costante, dato T trovo Q e viceversa

$$T = \frac{Q}{R}$$

QUINDI RIASSUMENDO:

45

$$EOQ = Q^* = \sqrt{\frac{2RK}{h}} \quad \textcircled{A}$$

$$C_T(Q) = \frac{KR}{Q} + \frac{hQ}{2} \quad \textcircled{B}$$

↓ SEMPLIFICATO IN:

$$C_T(EOQ) = \sqrt{2KRh} \quad \textcircled{C}$$

⇒ si semplifica nel senso che non devo conoscere Q, mi basta conoscere i parametri

→ Usare questa formula la usa quando mi serve il costo e non la QTA.

LE ASSUNZIONI FATTE SONO:

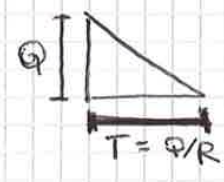
- 1°) LT DETERMINISTICO E NULLO
- R COSTANTE E CONTINUO
- V INDIPENDENTE DA Q
- RIEMPIMENTO FG ISTANTANEO
- NO BACK ORDER

NOTA: VEDI 4.33
 IL CONCETTO DI BATCHING PUO' ESSERE APPLICATO ANCHE AI PROCESSI CON FLUSSI CONTINUI, IN QUESTI CASI LA QTA' TRA 2 INTERRUZIONI DI FLUSSO E' SPESA CONSIDERARE UN CICLO DI PRODUZIONE → (PRODUCTION RUN) → BATCH
 IN QUESTO CASO IL BATCHING E' APPLICATO ALLE PRODUZIONI E NON AL RORDINO

PERCHE' NON CONSIDERO I COSTI DI ACQUISTO?

FACCIAMO UN POCO INDIETRO:

$$C_T(Q) = k + \frac{1}{2} Q \cdot \frac{h}{R} + v \cdot Q$$



diviso per T (ovvero per Q/R)

$$C_T(Q) = \frac{kR}{Q} + \frac{h}{2} Q + vR$$

$\frac{kR}{Q}$ → PREZZO ACQUISTO • QUANTITA' (NON QTA' OTTIMA)
 $\frac{h}{2} Q$ → non lo considero perché è una costante nelle derivate, avrebbe comunque via

* DIMOSTRAZIONE: (DI COSE, GRAZIE AL MODELLO ROBUSTO I COSTI AUMENTANO POCO ALL'AUMENTARE DELLA QUANTITA')

$$Q^* = \sqrt{\frac{2KR}{h}}$$

quanto aumenta il costo se aumento l'ordine da Q* a Q'

$$\frac{C_T(Q')}{C_T(Q^*)} = \frac{\frac{KR}{Q'} + \frac{hQ'}{2}}{\sqrt{2KRh}} = \frac{KR}{Q' \sqrt{2KRh}} + \frac{hQ'}{2 \sqrt{2KRh}} =$$

$$= \frac{1}{Q'} \sqrt{\frac{KR^2}{2KRh}} + \frac{Q'}{2} \sqrt{\frac{h^2}{2KRh}} = \frac{1}{Q'} \sqrt{\frac{KR}{2h}} + \frac{Q'}{2} \sqrt{\frac{h}{2KR}}$$

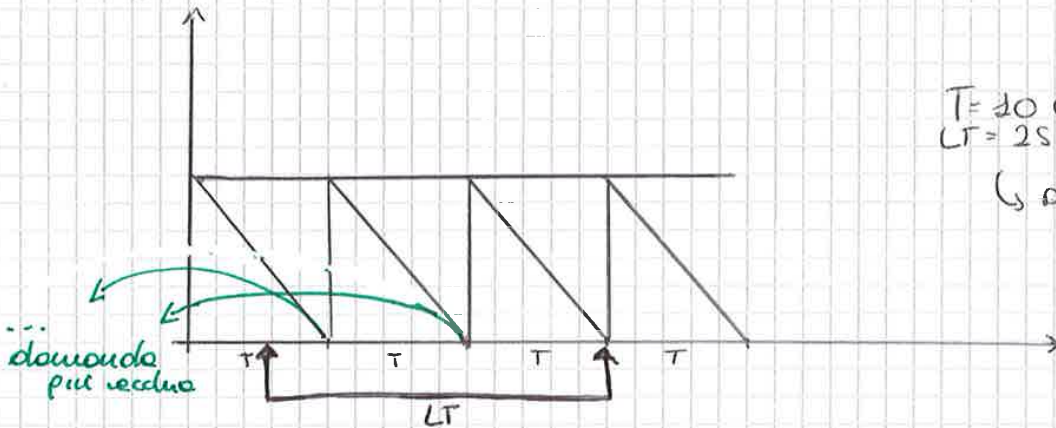
(però KR sotto radice) (però h sotto radice)

$$= \frac{1}{Q'} \sqrt{\frac{KR^2}{2h^2}} + \frac{1}{2} \frac{Q'}{Q^*} = \frac{1}{2Q'} \sqrt{\frac{2KR}{h}} + \frac{1}{2} \frac{Q'}{Q^*} =$$

(particolarmente diviso per 2)
 inverso del lato e laumento 1/Q*

① $R = LT \cdot D \rightarrow$ SIAMO NEL DETERMINISTICO quindi siamo sicuri al 100% che l'ordine arriva in 2 GG quindi usolo questo R preciso.

focus fare di aver calcolato T e che mi sia risultato 10 GG



$T = 10 \text{ GG}$
 $LT = 25 \text{ GG}$

\hookrightarrow dovei mettere l'ordine 2 cicli e mezzo prima

$T = \frac{Q}{D} \rightarrow Q = D \cdot T$
 $\hookrightarrow D = \frac{Q}{10}$

$R = D \cdot LT = D \cdot 2,5T = 2,5Q$

secondo la formula di prima dovei ordinare quando ho in mag 2,5 volte la QTA' OTTINE NA QUESTO E' IMPOSSIBILE!

QUINDI USO LA FORMULA

② $LT = nT + ED$
 $2T + 5 \text{ GG (il QS di prima)}$
 \hookrightarrow i T interi mi corrispondono agli ordini già emessi,

\hookrightarrow lo tolgo perché è vero che la mia domanda arriva tra 2,5 GG ma è giusto 1 intero e 2 intero arrivano dagli ordini già fatti precedentemente

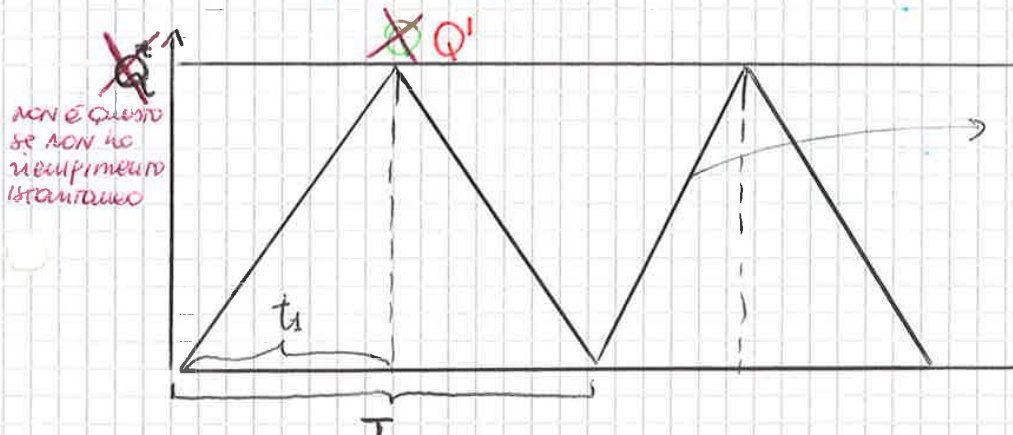
NOTA:

Per gli LT piccoli uso la formula ①
 Per gli LT grandi uso la formula ②
 Dove tolgo le T grandi che mi rappresentano vecchi ordini.

$\frac{25 \text{ GG } LT}{10 \text{ GG } T} = 2,5$
 (lo tolgo) (QS)

2° Rilasso Assunzione del riempimento MG istantaneo

\hookrightarrow Assumo Riempimento non istantaneo



da pendenza e' la differenza ma quanto prodotto e quanto consumo

$t_1 =$ tempo nel mio ciclo di lavoro (produttore) d'ordinare

$T - t_1 =$ consumo e costo

EPQ TENDE ASINTOTICAMENTE A **EOQ**

↳ SE TASSO DI PRODUZIONE $P \rightarrow \infty$ **EPQ** \approx **EOQ** OUNDO IL TIG SI TEMPE DI NUOVO Istantaneamente

Nel caso normale, quindi quando P non tende a ∞ Mi aspetto: **EPQ** $>$ **EOQ**

Ho senso che a parità di costi e a parità di domanda devo fare lotti più grandi?

A ragionamento, se mentre produco, consumo è ovvio che devo produrre di più, perché, per esempio al supermercato mentre il carrello si riempie le lattine, se quelle finiscono via, se i lotti sono della stessa dimensione della domanda devo riempire in continuazione, invece se fa lotti più grandi è più tranquillo, facile se il consumatore consuma più velocemente di quanto si produce, e si forma la coda e si perdono clienti.

Se $P = D \rightarrow$ **EOQ** \rightarrow non c'è più lotti una produzione continua \rightarrow nel deterministico va bene no di fuori **NO!**

RIASSUMENDO LE 3 Q:

Q = qta ordinata (ordine di produzione)

Q' = $Q(1 - D/P)$ livello max rig

Q^* = valore ottimo di Q

se ordinio $Q^* \rightarrow Q' = Q^*(1 - D/P)$ quindi Q^* non è una qta diversa è una qta' ottima di Q

③ **Rilascio l'ipotesi di costo di acquisto (v) indipendente dalla quantità**

↳ ORA DIVENTA: **DEPENDENTE DALLA QUANTITÀ** \rightarrow **SCONTI**

2 TIPOLOGIE ESTREME DI SCONTI:

Ⓐ **ALL UNIT DISCOUNT**: meno frequente nella vita di tutti i giorni, una analiticamente più facile, una volta che raggiungi la qta' per lo sconto hai lo sconto su tutto quello ordinato

ES: 10 LATTINE: 1 € / u
20 LATTINE: 0,90 € / u \rightarrow sconto su: tutte e 20

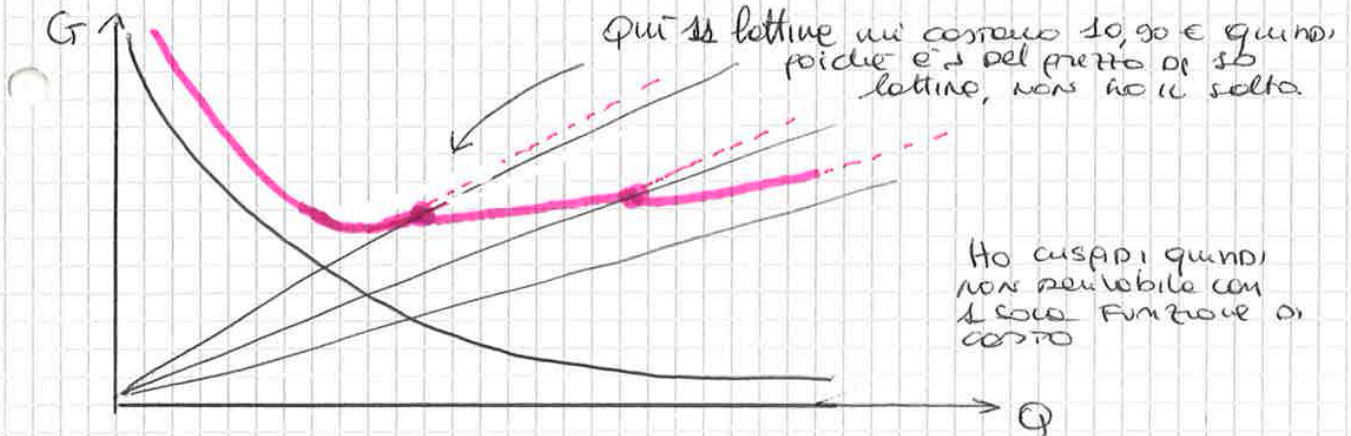
Ⓑ **INCREMENTAL DISCOUNT**: sconto solo sull'incremento

ES: 10 LATTINE: 1 € / u
12 LATTINE: 1 € / le prime 10 } sconto solo quelle in più
0,9 € / le 11 e la 12

NOTA: IN entrambi i casi le curve di costo non sono facilmente derivabili

INCREMENTAL DISCOUNT

SR



Devo procedere in modo Algebrico, nel secondo caso la funzione va a tratti e devo cercare l'ottimo di ogni tratto.
 Devo poi vedere se è ammissibile.

ALL UNIT DISCOUNT

$$V = \begin{cases} V_0 & 0 < Q \leq Q_0 \\ V_1 & Q_0 < Q \leq Q_1 \\ \vdots & \\ V_n & Q < Q_{n-1} \end{cases}$$

$$V_n < V_{n-1} < \dots < V_1 < V_0$$

$$G_T(Q) = \frac{AD}{Q} + \frac{V \cdot r}{2} \cdot Q$$

se $Q \leq Q_0$ $G_T(Q) = \frac{AD}{Q} + \frac{V_0 \cdot r}{2} Q \rightarrow Q_0^* = \sqrt{\frac{2AD}{V_0 r}}$ Derivata diventa

se $Q_0 < Q \leq Q_1$

$$G_T(Q) = \frac{AD}{Q} + \frac{(V_1 \cdot r)}{2} Q \rightarrow Q_1^* = \sqrt{\frac{2AD}{V_1 r}}$$

Derivata diventa

Se ho N intervalli trovo N funzioni di costo semplici che vanno con la V, posso derivare e trovare l'ottimo.

Il problema è che trovo il minimo delle funzioni, ma non so quelle vere e non so bene perché non negli intervalli precedenti, quindi trovo la QTA' OTTIMA che è < di quelle necessarie per avere lo sconto.

Se trovo Q^* non ammissibile provo con V_{n-1} poi se mai con V_{n-2} ecc... quando arrivo a una accettabile devo confrontare con i costi tot e vedere se mi conviene.

Nel caso visto, i costi ammissibili erano il Q_1^* e Q_2^* (Q_3^* era < della QTA' di sconto), poi mi metto nell'intervallo 3°

$$\begin{cases} V_0 Q & * \\ K_1 + V_1 Q \\ K_2 + V_2 Q \\ \vdots \\ K_n + V_n Q \end{cases}$$

se volessi essere ancora più specifico e rendere generale l'algoritmo potrei dire che: $K_0 + V_0 Q$
 \parallel
 0

53

ORA TRAVIAMO I COSTI MEDI D'ACQUISTO:

COSTO MEDIO DI ACQUISTO =

$$\frac{C_{TOT} ACQ}{Q}$$

$$\begin{cases} \frac{V_0 Q}{Q} = V_0 \\ \frac{K_1 + V_1 Q}{Q} = \frac{K_1}{Q} + V_1 \\ \vdots \\ \frac{K_n + V_n Q}{Q} = \frac{K_n}{Q} + V_n \end{cases}$$

quindi in ogni intervallo anno:

$$C_T(Q) = \begin{cases} \frac{AD}{Q} + \frac{V_0 r}{2} \cdot Q + V_0 D \\ \frac{AD}{Q} + \left(\frac{K_1 + V_1}{Q} \right) \frac{r}{2} Q + \frac{K_1}{Q} V_1 D \\ \vdots \end{cases}$$

IN QUESTO CASO LO PENSO PERCHÉ NON È PIÙ COSTANTE

LA RISCRIVO COME: $\frac{AD}{Q} + \frac{K_1 r}{2} + \frac{V_1 r Q}{2} + \frac{V_1 D}{Q} + V_1 D$

$$\left(A + K_1 \right) \frac{D}{Q} + \frac{V_1 \cdot r}{2} Q + \frac{K_1 r}{2} + V_1 D$$

QUESTO È L'ESPRESSIONE DEL 2° INTERVALLO E DEI SUCCESSIVI (DOVE SOSTITUISCO GLI APPROPRATI KEV)

si trova che: $Q^* = \sqrt{\frac{2(A+K_1)D}{V_1 r}}$

NOTA BENE: **ALL UNIT DISCOUNT**

- OTTIMI FUNZIONALI
- PUNTI SEPARAZIONE

INCREMENTAL DISCOUNT
 (NO PUNTI SEPARAZIONE)

→ OTTIMI DC FUNZIONALI

ESAME: DIMMI COME È FATTA LA FUNZIONE DI COSTO, NO DONDAI: DIMMI ALGORITMO

4° ribasso l'assunzione dell'istante nella soddisfazione della richiesta

↳ ARREMO: RICHIEDA SODDISFATTA NON INSTANTANEAMENTE → SÌ BACKORDON

↳ Gli ordini in questa situazione non vengono più usati istantaneamente ma, in ritardo.

a) Se il costo di penaltà è altissimo $\rightarrow \infty$ ($b \rightarrow \infty$), mi riconduco allo scenario soddisfacente immediatamente perché non mi conviene tardare SS

$b \rightarrow \infty \quad \frac{1}{b} \rightarrow 0 \quad Q^* \rightarrow \sqrt{\frac{2AD}{h}}$

costo Backorder \gg costo rfg

b) Se è il contrario invece mi conviene tardare le consegne \rightarrow si Backorder

$h \rightarrow \infty \quad Q^*$ è tutto sotto lo 0

costo rfg \gg costo Backorder

\rightarrow Per ora abbiamo fatto una forte assunzione; ovvero che siamo in un caso non prodotto o in cui i prodotti non si influenzano tra loro.

\hookrightarrow in realtà non è valido \rightarrow ci sono interazioni di vario tipo tra i prodotti

\hookrightarrow hanno e condivisione di costo o condivisione di capacità

CONDIVISIONE COSTI DI TRASPORTO

Prodotti	costi		costi rfg	domanda	
α	V_α	\Rightarrow	h_α	d_α	u/mese di tempo
β	V_β	\Rightarrow	h_β	d_β	

ordinati dallo stesso fornitore che ha costo A di rifornimento

\hookrightarrow se li tratto come finale, rischio di pagare il doppio del costo di riordino

\hookrightarrow li aggrego combinando flow unit (non più α e β), uso una specie di component set detto **BUNDLE**

D_b bundle \rightarrow domanda in termini di bundle \rightarrow trova h_b

$Q^* = \sqrt{\frac{2AD_b}{h_b}}$ come trova h_b e D_b ?

ESEMPIO DISPENSE:

$d_\alpha = 100$ u/mese	$h_\alpha = 1$ €/u mese	$D_b?$
$d_\beta = 250$ u/mese	$h_\beta = 3$ €/u mese	$h_b?$

per ogni α ho $\gamma, \delta, \beta \rightarrow$ non posso separare, perché farlo per bundle da $\frac{2}{h_\alpha}$ e $\frac{3}{h_\beta}$ (se non riuscissi a ottenere numeri interi, potrei approssimare)

$D_b = 50$ bundle/mese dato da $\frac{d_\alpha}{n_\alpha} = \frac{d_\beta}{m_\beta} = \frac{100}{2} = \frac{250}{5} = 50$

IMPORTANTISSIMO

PROCEDIMENTO:

NOTA BENE

Avrei un λ a pagamento e mi ci calcolo Q^* che poi inserisco nella formula dove ho F , se mi viene = 0 tutto perfetto, se trovo valore che viola il vincolo, $> F$ vuol dire che sto facendo pagare troppo poco la penalizzazione, devo diminuire n° ordini, provo con λ più grande, se mi vedo a trovare un valore $< F$ faccio pagare troppo quindi minimizzo λ ecc...

⇒ Si devono talvolta affrontare situazioni in cui ho tempi di setup ed il setup costa

↳ Ho sia tempi che costi (il costo, è un esborso monetario, il tempo è il tempo e non lo posso costare)

↳ Come procediamo: valutiamo se i costi e i tempi sono egualmente importanti (se non è così, uno lo trascuriamo), se è così, devo capire quali sono le priorità aziendali (se CAPACITY CONSTRAINED)

A) SERVIRE LA DOMANDA: PARTO DAL TEMPO, TROVO IL COSTO MINORE, a quel punto vedo il COSTO e verifico se è compatibile con la liquidità aziendale (verifico di costi)

B) SPENDERE IL MENO POSSIBILE: DAO ESTENDERE I MODELLI CHE HO VISTO NEL CORSO DELLE LEZIONI, NON POSSO APPLICARE I TOP NORMALE

QUINDI PORTO DA UNO E FACCIO IL CHECK SULL'ALTRO

SE INVECE, IL SISTEMA, È DOTAND CONSTRAINED

⇒ PROBABILMENTE LA CAPACITÀ È SUFFICIENTE, TROVO IL VALORE CHE MINIMIZZA I COSTI E FACCIO UN CHECK PER VANTAGE CHE DOPO LA CAPACITÀ SIA ANCORA SUFFICIENTE

ESERCIZI CAP 7

ESERCIZIO 7.3

59

(Gelateria) Produce a Regine:

	1° Fragola	2° Cioccolato	3° Bacio
Domenica	10 kg/h	15	5
Setup	3/4 h	1/2 h	1/6 h

Macchina produce 30 kg/h e prescinde dal gelato da fa.

- Volendo fare lotti piccoli e soddisfare la domanda, qual'è l'ottimo? Utilizzando il BATCH
- Quanti Kg di Fragola fa in 1 batch?
- max inventory di cioccolato!



$$Cap B = \frac{B}{J + B(P)}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{B}{85 + 85 \cdot \frac{60}{30}} \rightarrow B = 106 \text{ kg}$$

$$Cap(B) = \text{domanda } 10 + 15 + 5 = 30 \text{ kg/h} = \frac{30 \text{ kg}}{60 \text{ min}}$$

B?

$$J = 45 \text{ min} + 30 \text{ min} + 10 \text{ min} = 85 \text{ min}$$

$$P = \frac{60}{30}$$

$$(b) 106 : 100 = x : 10$$

$$x = 35 \text{ kg Fragole}$$

$$(c) 106 : 100 = x : 15$$

$$x = 53 \text{ kg cioc.$$

Tempo produzione cioc.: 50 kg : 60 min = 53 : x ?

$$x = 64 \text{ min} = 1,07 \text{ h}$$

In ogni ore prodotta e consumata quindi il mio magazzino aumenta e diminuisce

+ 50 - 15 = 35 in Kg alla fine di 1h ma l'inventory max

produzione in 1h

La ho dopo 1,07h quindi moltiplico per 1,07h

$$35 \cdot 1,07 = 37 \text{ kg inv max}$$

rimangono consumati nelle ore in cui faccio setup e produco Bacio e Fragole.

Esercizio 7.10 Distribuzione uba per gatti

1,25 € prezzo di vendita a lattine

d = 500 lattine a settimana in media

lui compra da un altro e : 0,5 € a lattina

+ 7€ costo setup per ogni ordine

Modello EOQ

Costo opportunità 15% Anno (se settimane/Anno)

- A) Q^* ?
- B) Costo Annuale ordini?
- C) Costo Annuale?
- D) Rotazione settimanale RG?

⊖ A) $Q^* = \sqrt{\frac{2KR}{h}}$

$K = 7€$

$R = 500 \text{ lattine/week}$

$h = v \cdot r = 0,5 \cdot \frac{0,15}{50} = \text{costo} \cdot \frac{\% \text{ Anno}}{\text{settimane/anno}}$

$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 7 \cdot 500}{0,5 \cdot \frac{0,15}{50}}} = 2160$

⊖ B) Costo di magazzino annuale

Costo = $\frac{A \cdot D}{Q^*} \cdot SO = \frac{\sqrt{2ADh}}{2} \cdot SO = \text{Costo Ordini} \cdot SO = \frac{7 \cdot 500}{2160} \cdot SO = 81 \frac{€}{\text{anno}}$

⊖ C) Costo inventario

$C_{INV} = \frac{h}{2} Q^* = \frac{\sqrt{2ADh}}{2}$ Costo setup $\Rightarrow C_{INV} \cdot SO = 81 \frac{€}{\text{anno}}$

Attenzione!!!
 Si devono venire uguali! altrimenti si ha scelto qualcosa di non sono all'ottimo.

⊖ D) Inventory Turns = $\frac{I}{FT} = \frac{I}{WIP/TH} = \frac{TH}{WIP}$

TH = domanda

$WIP = \frac{Q^*}{2} = \frac{2160}{2}$
 ↑
 medio

Inventory Turns = 0,46 settimane

(per vedere se ho fatto questo inventario, in circa 4 sett svuoto il RG. Quanti e negoziati che in 2 settimane svuoto 0,4? SI)

Esercizio 7.12 Milkemmini liquors

63

domanda = 45 case/settimana \rightarrow 50 sett/anno

costo del capitale = 15% annuo \rightarrow include i costi di r.a. \rightarrow $h = 15\%$

Costo per case: 120 \$ $V = 320$

trasporto: 290 \$ } $A = 290 + 30 = 300$

ordine (laborer): 30 \$

refrigerazione: 75 \$/week

Ricorda: 'A' sono costi che esistono se esiste l'ordine poiché è il costo di trasporto

Attenzione! il costo di refrigerazione non lo in A perché è indipendentemente se faccio l'ordi no o no se lo stesso costo nel mio ordine rispetto per una qta che ho in mente non lo qual è

quindi ordino che refrigeraz. sia inclusa in $h = 15\%$

- a) calcola il costo settimanale di magazzino per 1 case
- b) Q^* e ordini medi all'anno?
- c) introduco sistema ordinazione tramite email qual'è l'impatto sul pattern? (teoria)

a) $h = \frac{0,15}{50} \cdot 120 = 0,36$ \$/u Week

Formula $h \cdot \% = \frac{\text{Costo in magazzino}}{\text{Inventory Turns}}$
 $h = h\% \cdot \text{costo valore d'acquisto}$

b) $Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 300 \cdot 45}{0,36}} = 273,9 \approx 274$ u

$T^* = \sqrt{\frac{2A}{Dh}} = \frac{Q^*}{D} = \frac{274}{45} = 6,08 \text{ w} \approx 6 \text{ w}$

il periodo che intercorre tra 2 ordini successivi è di 6 settimane

N° ordini all'anno $\frac{50 \text{ w}}{6 \text{ w}} = 8,3 \text{ ordini/y}$

c) Introduzione di ordine via email impattava su A, se A diminuisce (costo di un ordine) fanno più ordini all'anno, più ordini più piccoli e più frequenti, tutto questo è sottinteso dalla definizione di pattern. No center \rightarrow IT internet \rightarrow A <, fatto > frequente ordini, < grande ordine.

Esercizio 7.13 (caffè)

$d = 50$ u/mese

$v = 25$ \$/u

$A = 85$ \$/ordine \rightarrow indipendente dalla quantità ordinata

$h = 1$ \$/u-mese } $h_{tot} = 1,01 + 0,02 \cdot 25 = 1,25$ \$/u-mese

$h = 2\%$ /mese

Non annuale né mensile, attenzione

- 1) Q^*
- 2) N° ordini anno
- 3) mesi di scorte in media?
- 4) quanti \$/mese spesi per mantenere il caffè?
- 5) se mi offra un nuovo contratto quale: (quale mi conviene)?

$v = 20$ \$/u

$A = 500$ \$/ordine = 500 \$/y

$h = 1$ \$/u-mese

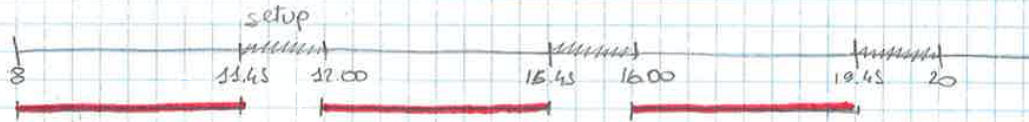
$h = 2\%$ /mese

a) $Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 500 \cdot 50}{1,21}} = 75,27 \text{ u} \approx 75 \text{ u}$

b) $T = \frac{Q^*}{D} = \frac{75}{50} = 1,5$ mesi

N° ordini = $\frac{\text{N° mesi}}{\text{tempo intervallo}} = \frac{12}{1,5} = 8 \text{ ordini/y}$

Situazione: Common ha capacità 1000 u



STAZIONE 2

$$\left. \begin{aligned} 400 \frac{u}{h} \cdot 3h &= 1200 u \\ 400 \frac{u}{h} \cdot \frac{3}{4}h &= 300 u \end{aligned} \right\} 1500 u \text{ che produce in } 3 h e 45 min$$

Ho 3 linee rosse quindi ho 3 volte 3 h e 45 min
 $1500 u \cdot 3 = 4500 u/g$

Capacità stazione 3 $\rightarrow 360 \frac{u}{h} \cdot 12 \frac{h}{g} = 4320 \frac{u}{g}$

Se ci fossero stati i buffer intermedi avrei detto che il CB sarebbe la stazione 3 e anal della che la capacità del CB è quindi la capacità di tutto il processo sarebbe stato $4320 \frac{u}{g}$.
 Però qui NON ho i buffer intermedi, qui ho un problema, se tu si ferma una macchina, allora si fermano anche le altre, se si ferma la 3 CB, si fermano le altre e così il rischio di perdere molto tempo

STAZIONE 3

$$\left. \begin{aligned} 360 \frac{u}{h} \cdot 3h &= 1080 u \\ 360 \frac{u}{h} \cdot \frac{3}{4}h &= 270 u \end{aligned} \right\} 1350 u \text{ in } 3 h e 45 min$$

$1350 \cdot 3 = 4050 \frac{u}{g}$ invece delle $4320 \frac{u}{g}$ di prima

Quindi, essendo la stazione 3 il collo, la capacità del problema è $4050 \frac{u}{g}$. NON POSSO fare più di $4050 \frac{u}{g}$ quindi se abbiamo 5 common COE $5000 \frac{u}{g}$ tutto via
 $5000 - 4050 u = 950 \frac{u}{g}$

ESERCIZIO 76'



	A	B
tempo di processo (min)	1	0,1
setup	9	9

- 1) Supposti batch di 5 unità (app ogni batch 9 min di setup) capacità del processo?
- 2) Dimensione Batch che minimizza TH e minimizza inventory? (capacity constrained)
- 3) Togli i Buffer tra A e B, in questo caso, anche B fa setup anche A e si ferma perché non ho Buffer. Finito setup A può iniziare a lavorare. Quale dimensione del batch mi dà un TH pari a 0,32 u/min?

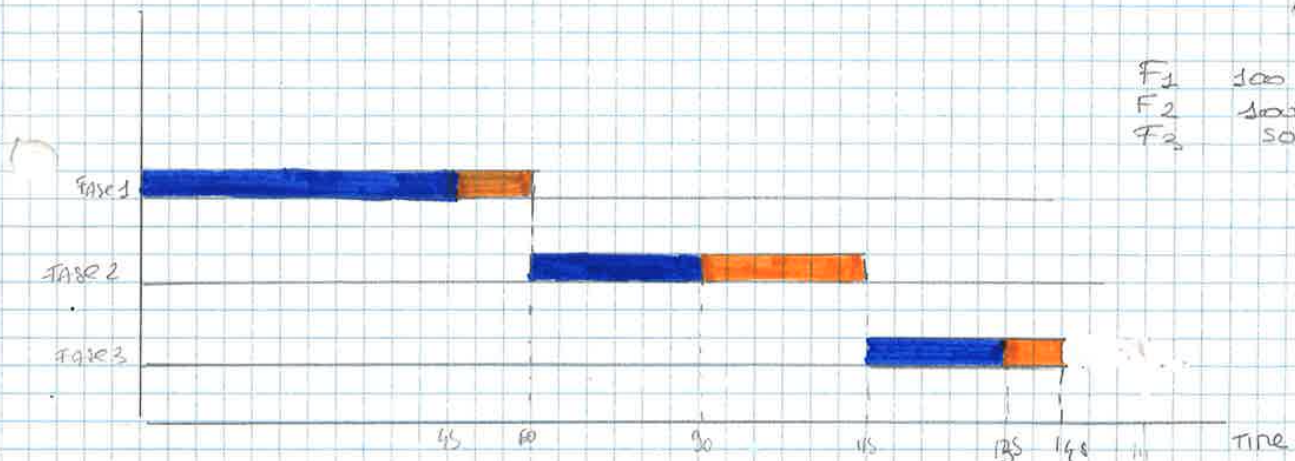
NOTA: $Cap B = \frac{B}{S + BP}$ NON PUÒ essere usata, in caso di Buffer intermedi

calcolo capacità di A e di B

$$Cap A = 1 \frac{u}{min} \quad Cap B = \frac{B}{S + PB} = \frac{5}{9 + 5 \cdot 0,1} = 0,53 \frac{u}{min}$$

Capacità problema = $0,53 \frac{u}{min}$

$F_1 = 100 \mu$
 $F_2 = 100 \mu$
 $F_3 = 50 \mu$



$$\text{Fase 3} = \underbrace{20}_{\text{setup}} \text{ min} + \underbrace{50 \cdot 0,2}_{\text{min}} = 30 \text{ min}$$

Sul 3° stadio le unità escono e se ne vanno quando ho fatto 50 μ nelle prime 2 Fasi sono tutte insieme, nella 3° invece si separano se questi quattro 2 Fasi tutte insieme sarebbe stato lo stesso?

Per cosa: Setup ogni 100, no suppongo di lavorare le unità una per una, quanto ci mette a far uscire 50 μ

$$\textcircled{3} \quad \text{COP}_B = \frac{B}{S + PB}$$

NOTA: IL $\textcircled{3}$ NON PIU' DIVENTA IL COB PERCHE' HA IL DENOMINATORE PIU' PICCOLO DEL TRE

$$\text{COP}_{B_1} = \frac{B}{45 + 0,15B}$$

$$\text{COP}_{B_2} = \frac{B}{30 + 0,25B}$$

$$\text{COP}_{B_3} = \frac{B}{20 + 0,20B}$$

Trasformo lo stadio $\textcircled{1}$ \rightarrow Setup 45 min \rightarrow \emptyset
 Tempo Proc 0,15 min \rightarrow 0,45 min/ μ

Voglio minimizzare TH. Supponiamo capacità stadio 1, non dipende piu' dal batch.

$$\text{COP}_1 = \frac{1}{0,45} \quad \frac{\mu}{\text{min}}$$

Come determiniamo il batch:
$$\frac{1}{0,45} = \frac{B}{30 \text{ min} + B \cdot 0,25}$$

$$\frac{1}{0,45} = \frac{B}{20 \text{ min} + B \cdot 0,20}$$

TORNANDO ALLA VARIABILITA'

69

NON NECESSARIAMENTE SIGNIFICA CASUALITA', PUO' SIGNIFICARE CHE E' PRESENTE

- VARIETA'
- CASUALITA'

PUO' ESSERE: \uparrow DISTURBO NEL PROCESSO DEGLI ARRIVI
 \uparrow DISTURBO DURANTE IL PROCESSO NELLE VOLE STRAZIONI

VA VEDUTO COME DISTRIBUZIONI DI VARIABILI CASUALI CHE AVEVO VALORI DETERMINATI

LA VARIABILITA' IMPATTA SULLE MISURE DI PERFORMANCE OVVERO LE 3 COMPONENTI DELLA LEGGE DI LITTLE

DOBBIAMO, PER STUDIARLA, FARE LE SEGUENTI ASSUNZIONI:

1^a ASSUNZIONE (SEMERE) \rightarrow SISTEMI DEMAND CONSTRAINED PERCUO' TH E DOMANDA

PERCHE' PER STUDIARE I SISTEMI CON VARIABILITA' COME LI STUDIAMO NOI, DOBBIAMO AVERE SISTEMI STABILI: OVVERO UTILIZZO < 1 (SUCCEO SOLO NEL DOMAND CONSTRAINED)

SE $\mu \geq 1 \rightarrow$ SISTEMA INSTABILE \rightarrow NOI NON POSSIAMO STUDIARLO (NON VAOL DIRE CHE NELLA REALTA' NON ESISTANO)

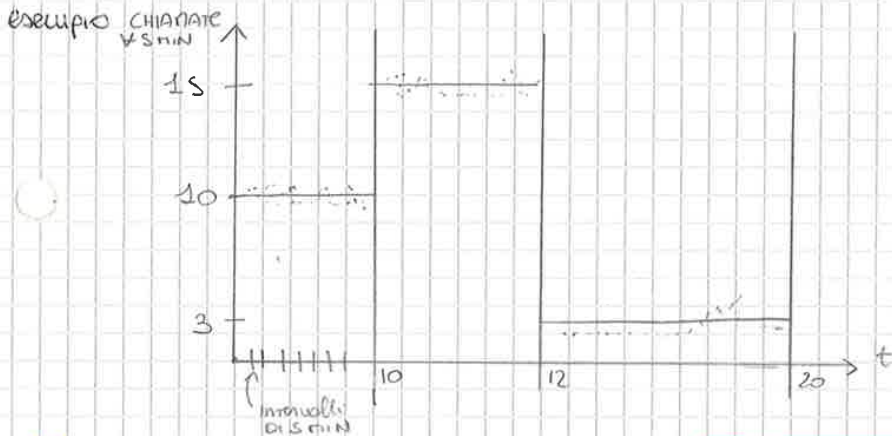
$\mu \rightarrow$ E' CALCOLATO SO DOMANDA E CAPACITA' MEDIE

\rightarrow SI DICE INSTABILE SE LA CODA ALL'INGRESSO DEL SISTEMA PUO' DIVENTARE ∞ , QUANDO LA CAPACITA' E' CAPACITA' $<$ DOMANDA

\rightarrow NON SUCCEDE NEI SISTEMI REALI PERCHE' LA GENTE A UNA CERTA SE NE VA SE C'E' CODA

2^a ASSUNZIONE: MOSTRE VARIABILI CASUALI (OVVERO: ARRIVI AL SISTEMA E PROCESSUAMI NELLE STRAZIONI) SIAMO PROCESSI STAZIONARI: LA MEDIA NON CAMBIA NEL TEMPO PERCUO' SI ESCLUDE STAGIONALITA', ORE DI PUNTO, TRAFFIC

SE PER QUALCHE MOTIVO NON E' STAZIONARIO LO SEPARIAMO IN INTERVALLI STAZIONARI



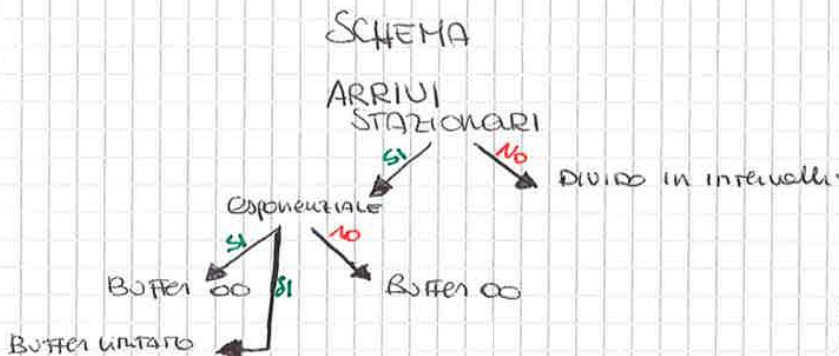
lo analizzo tra

8 e 10
10 e 12
12 e 20

separatamente

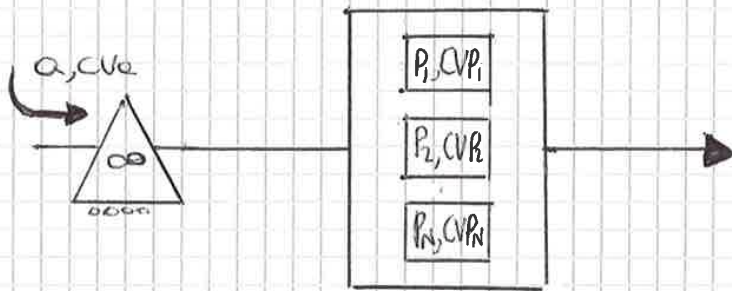
\uparrow
 SI PER QUANTI ANNI CHE PER I TEMPI DI PROCESS

3^a ASSUNZIONE: (SOLO PER QUANTI ANNI) \rightarrow ARRIVI ESPONENZIALMENTE DISTRIBUITI



Buffer $\infty \rightarrow$ obbligati a richiedere stabilire

III CASO: SINGOLI SERVIENTI IN PARALLELO



analisi del 1° caso:

1° caso: Devo capire se è stabile o no

Calcolo Utilizzo

$$u = \frac{TH}{cap} = \frac{\text{domanda}}{\text{cap}} = \frac{\frac{1}{a}}{\frac{1}{p}} = \frac{p}{a}$$

$u < 1$ $\frac{1}{a} < \frac{1}{p}$ $p < a$

Lo uso di
NO i
TASSI

Lo uso
se ho
i
TEMPI

Se $u \geq 1 \rightarrow$ Scavo: non lo posso studiare perché è instabile

$$\overline{FT} = Tq + P = \text{TEMPO ATTESA IN CODA} + \text{TEMPO PROCESSO}$$

$$\overline{WIP} = Iq + Ip = \text{WIP MEDIO IN CODA} + \text{WIP MEDIO IN PROCESSAMENTO}$$

$$\begin{aligned} WIP &= FT \cdot TH \\ Iq &= Tq + TH \\ Ip &= P + TH \end{aligned}$$

Non riesco a trovare
a trovare con i
dati del problema
perché non conosco
tempo di attesa (Tq)

Non per trovare
struttura i
"folli" in coda

NOTA BENE

l'utilizzo è una probabilità di lungo periodo che il sistema sia occupato \rightarrow / di tempo che trova la macchina occupata

$$Ip = \frac{1}{u} \cdot (\text{probab. sistema funzionante}) + (0 \cdot \text{probabilità sistema idle})$$

$$Ip = u + 0(1-u)$$

$$Ip = u$$

↳ perché l'utilizzo è
lo IP che il sistema
sia usato perché
sia attivo

A = AVAILABILITY o disponibilità

% di tempo che la macchina è attiva e non ci sono guasti

$$A = \frac{mf}{mf + mr}$$

Tempo inoperazione \leftarrow = 0 \rightarrow Attiva al 100%.
 Molto grande \rightarrow questo importante

A descrive tempo medio sulla base della media dei tempi senza guasti

$$P = P_0 / A$$

queste formule valgono perché i guasti sono un processo poissoniano

$$CV_p^2 = CV_{p_0}^2 + (1 + CV_r^2) A (1 - A) \cdot \frac{mr}{P_0} =$$

$$= CV_{p_0}^2 + A(1 - A) \frac{mr}{P_0} + (r^2 A (1 - A)) \frac{mr}{P_0}$$

o) Variabilità dei guasti aumenta perché aumenta il coeff. di variazione

o) affinché il guasto non abbia impatto il tempo di riparazione deve essere nullo $mr = 0$
 o $A = 0$

$$0 < A < 1$$

$$mr \geq 0$$

$$P_0 \geq 0$$

$P \geq P_0$ non può essere più piccola

Se anche i tempi di variazione fossero deterministici ma non nulli
 anche variabilità*

Setup

Valuto il N° medio di flow unit tra 2 setup successivi

$$P = P_0 + \frac{t_s}{N} \quad (\text{TUM MEDI})$$

Tempo attesa aumenta!

$$\sigma_p^2 = \sigma_{p_0}^2 + \frac{\sigma_s^2}{N} + \frac{t_s^2 (N-1)}{N^2}$$

$$CV_p^2 = \frac{\sigma_p^2}{P^2} \approx CV_{p_0}^2 \rightarrow \text{posso dire quale se quo devo } \rightarrow \text{nettere?}$$

lanciare
 orole

Sono aumentati sia Numeratore che denominatore quindi \rightarrow NO!

o) Posso avere compensazione \rightarrow posso ad abbattere la variabilità
 positivo per cui lascia a tutti

SETUP $P_i = P_{oi} + \frac{t_{si}}{N_i}$ $CV_{P_i}^2 = \frac{\sigma_{P_i}^2}{P_i^2}$ 75

$$\sigma_{P_i}^2 = \sigma_{oi}^2 + \frac{\sigma_{si}^2}{N_i} + \frac{t_{si}^2 (N_i - 1)}{N_i^2}$$

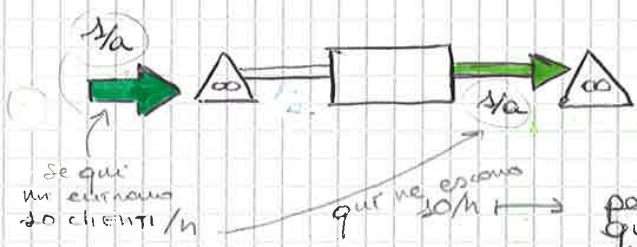
Vstadio $i = u_i = \frac{1}{a_i} / \frac{1}{P_i} < 1$

$$Tq_i = \left(\frac{CV_{a_i}^2 + CV_{P_i}^2}{2} \right) \left(\frac{u_i}{1 - u_i} \right) P_i$$

* VA1
A PASSO DOPO

$Iq_i = Tq_i \cdot TH_i$
 $I_{P_i} = P_i \cdot TH_i = u_i$

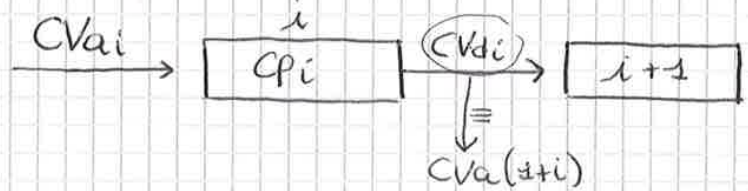
↑
 Sì, la formula è quella del caso semplice (caso 4) ma, qui, quando esce dalla lavorazione deve attraversare altri stadi (come se dopo che solo passare alla cone, deve andare in un'altra cone)



perché abbiamo supposto $TH = domanda$ quindi penso a processi tutti quelli che H_i amiamo.

variabilità $i=1$ $CV_{a_i}^2 = CV_{a_i}^2$ ≠? VARIABILITÀ $CV_{a_i}^2$?

NON GUARDIAMO PIÙ I FLUSSI PERCHÉ $1/a_i$ È **IDENTICO** PER OGNI STADIO E CI CONCENTRIAMO SULLE **VARIABILITÀ IN USATA**



$CV_{a(i+1)} = CV_{d_i}$

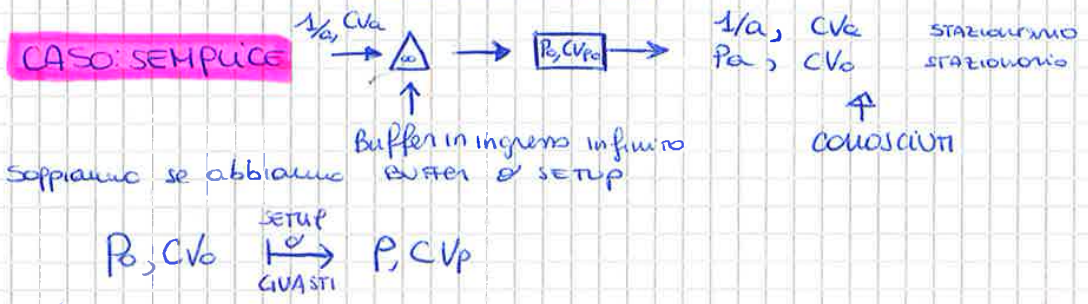
$CV_{d_i}^2 \rightarrow$ ci concentriamo perciò sulla variabilità di ciò che esce da uno stadio per trovare la variabilità del processamento dello stadio successivo

- Casi possibili:
- 1) la variabilità IN USCITA E IN PROCESSAMENTO COINCIDONO per esempio se, sono in sala d'attesa e vedo uscire i pazienti prima di me, quindi il potere (variabilità processo) non si ferma mai $\mu=1 \rightarrow$ non è un caso che stia
 - 2) il MOLTO BASSO variabilità IN USCITA SONGIA a variabilità IN PROCESSO es: se potrei lauree, potrei amare e esce dopo 2 ore, quello dopo amare dopo 7 h, la variabilità delle uscite non risente della variabilità del process.
 - 3) il MEDIO (non alto e non basso) la variabilità IN USCITA è una via di mezzo calcolabile con una formula empirica

$$CV_{a(i+1)}^2 \equiv CV_{d_i}^2 = CV_{a_i}^2 (1 - u_i)^2 + CV_{P_i}^2 \cdot u_i^2$$

$\mu=1$ solo processo
 $\mu=0$ solo ingresso

RIASSUNTO



se non ci sono guasti/setup $P = P_0$
 $C_{vp} = C_{v0}$

GUASTI *

$P = P_0/A$
 $A = m\mu / (m\mu + m_r)$
 $C_{vp}^2 = C_{v0}^2 + (1 + C_{vr}^2) A(1-A) m\mu / P_0$

SETUP *

$P = P_0 + t_s / N$
 $C_{vp}^2 = \sigma_p^2 / P^2$ $\swarrow C_{vs}^2 P_s^2$
 $\sigma_p^2 = \sigma_0^2 + \frac{\sigma_s^2}{N} + \frac{t_s^2(N-1)}{N^2}$
 $(C_{vp0}^2 P_0)$

NOTI

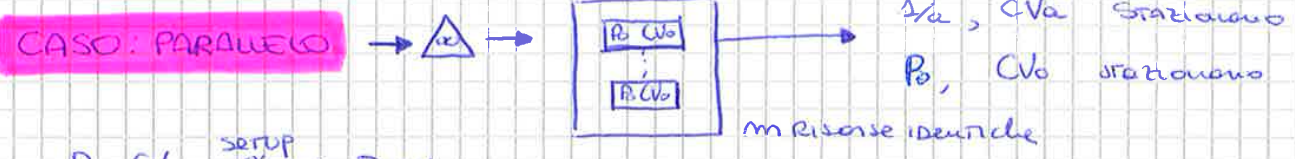
$\frac{1}{a}, C_{va}, P, C_{vp}, [\frac{1}{a} = TH]$
 $u = \frac{1}{a} / v_p \leq 1 \Rightarrow u_s = \frac{P}{P_{max}}$
 $se = 1$ una sola stazione

Calcolo

$$T_q = \left(\frac{C_{va}^2 + C_{vp}^2}{2} \right) \left(\frac{u}{1-u} \right) P$$

$I_q = T_q \cdot TH$
 $I_p = P \cdot TH = u$

$FT = T_q + P$
 $WIP = TH \cdot FT = I_p \cdot I_q$



P_0, C_{v0} $\xrightarrow[\text{GUASTI}]{\text{SETUP}}$ P, C_{vp}

se non ci sono guasti/setup $P = P_0$
 $C_{vp} = C_{v0}$

GUASTI * (come prima)

le li facciamo servire per servere

SETUP * (come prima)

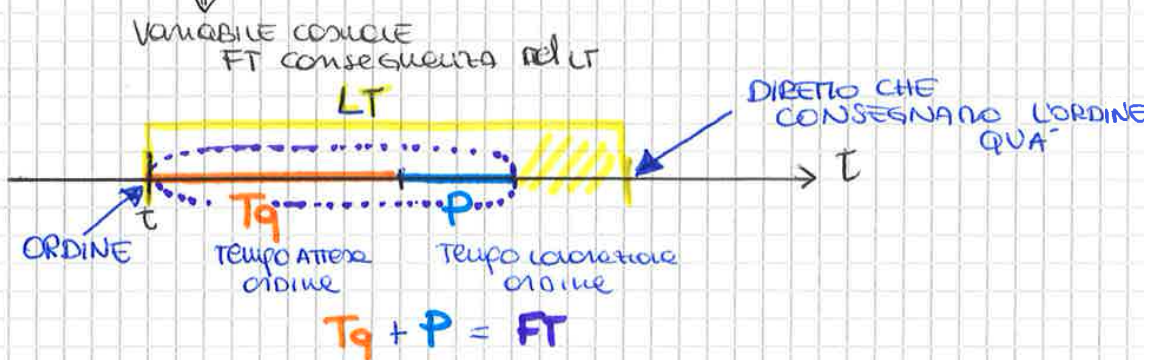
NOTI

$\frac{1}{a}, C_{va}, P, C_{vp}, [\frac{1}{a} = TH]$
 $u = \frac{1}{a} / m\mu$

SERVICE LEVEL = $\text{Prob} (FT \leq LT)$ lo decidiamo noi manager

$\Delta \rightarrow \overline{FT} = \sum_{i=1}^m (tq_i + p_i)$

73



Il tempo giallo (quadro) è sintomo per passare dal valore medio al valore peggiore.

Si forte ad aumento costo rig, se il cliente non vuole pagare della consegna prevista ma non pagare penale, in più non è detto che il cliente non voglia il pagamento, in più per la penale ho oltre un costo numerario un costo immagine.

Poiché il livello di servizio si definisce con la formula sopra, le aziende per aumentare il livello di servizio aumentano il LT così sono sicure che la consegna sarà in tempo, ma magari il cliente trova qualcun altro quindi non va aumentato troppo il LT ma dobbiamo cercare di stibarci.

UNICO STRATEGIO: Abbassare **FT** (tanto più è piccolo, quanto più piccolo possa permetterci di tenere il LT)

- AGISCO SU:
- tecnologia
 - domanda
 - vendibilità!

Devo capire dove nasce la variabile

DOMANDA ESANE: Macchine molto variabile, dove la metto nella linea? Ed è importante rispetto al COB se non è lei il COB?

I nostri costi si ribaltano sul prezzo e sui variabili i profitti
 ↳ quali costi abbiamo?

Costo lavoro: Giè visto senza variabile → era e' medio

$$\frac{\text{STIPENDIO} \cdot m \text{ lavorator}}{TH}$$

Costo macchine: $C_m \cdot FT$
 m: macchine (numero)
 FT: tempo che la macchina sta nel processo

$$C_u = \frac{\text{STIPENDIO} \cdot m \text{ lavorator}}{TH} + C_m \cdot FT$$

costo diretto per avere la risorsa costo relativo all'uscita della risorsa

Adesso valutiamo:

(A) Ha un impatto l'ordine con cui io processo le unità in coda?

→ Per ora ho processato tutto FIFO ma se pensiamo per es: al pronto giocattolo non può funzionare una logica fifo perché ho dei codici di priorità

(B) Posso ridurre la variabilità? (sia che parli di domanda che parli di servizio)

de osserviamo entrambe QUALITATIVAMENTE

Risposte: **A**

Dipende dalle regole che ci diamo per smaltire la domanda, cioè le **REGOLE DI PRIORITÀ** che si dividono in 2 famiglie

REGOLE DI PRIORITÀ
(RADICE DEL PRIMO SOCCORSO)

DUE FAMIGLIE

(P) PROCESSING TIME DEPENDENT

(P) PROCESSING TIME INDEPENDENT

esempio:

3	8	10	CASO 3
10	3	8	CASO 2
8	10	3	CASO 1

Ho un macchinario singolo e al tempo o servizio 3 clienti

con i tempi di processo:

$cl_1 = 8 \text{ min}$
 $cl_2 = 10 \text{ min}$
 $cl_3 = 3 \text{ min}$

Caso (1)

	$T_q(wip)$	FT
cl_1	0	8
cl_2	8	18
cl_3	18	21

$\bar{T}_q = \frac{18+8+0}{3}$
 $\bar{FT} = \frac{21+18+8}{3}$

Caso (2)

$\bar{T}_q = \frac{0+10+13}{3}$
 $\bar{FT} = \frac{10+13+21}{3}$

di base conviene pensare al cliente con il tempo di attesa

LE FLOW UNIT POSSONO AVERE TEMPO DI PROCESSAMENTO ALTO O BASSO, MA QUEL TEMPO NON COSTRUISCE UN ELEMENTO CON CUI UCRIO A SCEGLIERE, QUESTO TEMPO NON HA EFFETTO SUL FT → quindi NON ha impatto sul WIP

- Esso:**
- processare quella che ha la consegna più vicina senza guidare il tempo di processo
 - posso fare FIFO → indipendentemente dal tempo di processo
 - posso decidere di far passare prima qualcuno con una precedenza convenzionale che mi permette di non fare il setup

ANCHE SE, IN NEGLI MOMENTI GLI STESSI RISULTATI IN TERMINI DI WIP e FT

QUESTI PROCESSI TENDONO A RIDURRE IL CLIENTE UNIFORME → IN SODDISFATTO perché preferirebbe questi tempi FIFO

Caso (3) $\bar{T}_q = \frac{0+3+11}{3}$ $\bar{FT} = \frac{3+11+21}{3}$

DIFERENZIA SENSIBILMENTE WIP e FT MEDIO PERCHÉ OGNI UNO ASPETTA UNA QTA PARIA AL TEMPO DI QUELLO PRIMA. (CONVIENE IL CLIENTE SERA SODDISFATTO e preferirebbe FIFO)

NOTA: QUESTA È LA SOLUZIONE MIGLIORE NON UCRIO È SEMPRE IN PROPORZIONE, SE LE FU ARRIVANO QUANDO UN ALTRO È GIÀ A METÀ NON POSSO FAR PASSARE QUELLO CON TEMPO DI PROCESSO E, PERCHÉ IL PRIMO SAREBBE CHE SI FAREBBE ARRIVARE AL PRIMO CHE ALCUNO NON PASSA MAI.

Per capire perché il TH diminuisce

83

ESEMPIO: VENDITORE FOMINI

Fa in 1 UNITO DI TEMPO 0, 1, 2 ordini

cap 0, 1, 2 Flow UNIT / UNITO DI TEMPO

dom 0, 1, 2 Flow UNIT / UNITO DI TEMPO

domanda media: 1 FU/UNITO DI TEMPO

TH = 1 ? TORNA ?? → IN MEDIA NON FA DO DOMANDA? NO

* CALCOLO TH	CAP	DOM
0	0	0
0	0	1
0	0	2
0	1	0
1	1	1
1	1	2
0	2	0
1	2	1
2	2	2

IL BUFFER LIMITATO PU' INCIDE SUL TH PERCHE' SE LO SCOPO E' N° UNITATO DI COSTI, IL LAVORO IN MEDIA, NON FUNZIONA!

o determiniamo TH per ogni caso

$TH = \frac{S}{g} = 0,5 \rightarrow$ un po' più delle metà del TH che mi aspettavo

PERCHE'?:
quando ho capacità maggiore non posso fare scorte di capacità e di conseguenza non posso fare scorte neanche di domanda a causa del buffer limitato (se buffer 0, quando capacità o il cliente si accende sul mio periodo me lo o soddisfatto, qui invece NO)

IL CASO: BUFFER NULLO O CLIENTE TOT IMPAZIENTE

EMERGENZE → STATI UNITI, OSPEDALI NON POSSONO INFURARSI DI AIUTARE chi arriva in emergenza anche se non ha assicurazione che paga → UNICO modo per infurarsi e avere tutte le emergenze occupate → DIVERSION RIDIRIGERE ALTROVE, → GIOCO FORTE OSPEDALI. NON OLTRE STRUTTURE EMERGENZA GRANDI.

Ognuno nel parallelo e in grado di risolvere tutti i casi

ESEMPIO: $m = 3$ (3 stanze con equipaggiamento medico)
 $a = 3h$ (arrivo pazienti ogni 3 h → esponenzialmente distribuito)
 $p = 2h$ (tempo per stabilizzare il paziente prima di mandarlo in reparto)

$U = \frac{\lambda}{m \cdot \mu} = \frac{1/3}{3 \cdot 1/2} = 0,2$

Non posso applicare formula Tq perché? **NON HO ATTESE!**
 non mi interessa Tq né mi interessa quanti non me cura.

TH → dobbiamo vedere se l'ospedale e' in stato di DIVERSION O NO

$TH = \frac{1}{a} \cdot (1 - \text{PROB(DIVERSION)})$

prob che sia aperto ovvero probabilita' che ci siano 0, 1 e 2 pazienti, dove prob(diversion) = prob(m)

per calcolarlo mi serve:
 utuario che arriva con 1 solo m → $\mu = \frac{p}{a}$

IL CASO: OBIETTIVO: come prima come quando il sistema si chiude avere quanto si ha unico serviente e BUFFER occupati!

P di avere tutto pieno è:

$$P_u(b) = \frac{\mu^b (1-u)}{1-u^{b+1}}$$

Formula migliore (FUNZIONE SO ANNO NUOVE)

$m=1$
 $\lambda = \frac{\rho}{a} = \frac{\rho}{m \cdot a} = u$

perché b-1 Buffer e 1 IN SERVIZIO

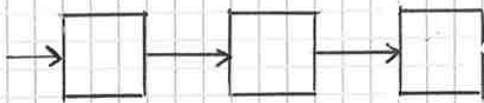
♥ $b=1 \rightarrow \frac{\mu(1-u)}{1-u^2} = \frac{\mu}{1+u}$

CODA 0 e 1 sola msa s2

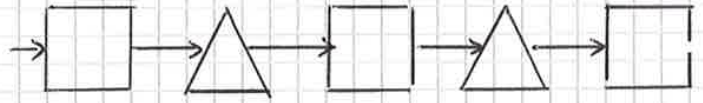
$TH = \frac{1}{a} (1 - P_u(b))$

domanda persa = $\frac{1}{a} \cdot P_u(b)$

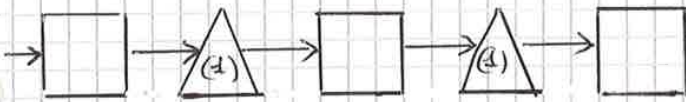
SCHEMA DI 4 POSSIBILI CONFIGURAZIONI (FIG 9.7)



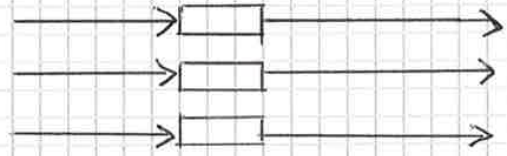
SISTEMA: SEQUENZIALE
 BUFFER: NO



SISTEMA: SEQUENZIALE
 BUFFER: SI
 TIPOLOGIA: ILLIMITATI



SISTEMA: sequenziale
 BUFFER: SI
 TIPOLOGIA: LIMITATO



SISTEMA: INCONGIUNTO VERTICALMENTE
 BUFFER: NO

RIASSUNTO SCHEMATICO DEI POSSIBILI PROBLEMI DI VARIABILITÀ

Problemi di ATTESA



Problema dato totalmente dall'attesa, i consumatori sono perfettamente pazienti e i BUFFER INFINITI.

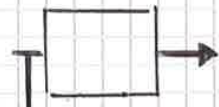


Tutti i consumatori entrano nel processo. Alcuni lasciano per la loro impazienza.



Non tutti i consumatori entrano nel processo perché ho BUFFER limitati

Problemi di PERDITE



Entrano nel processo solo i consumatori che possono essere processati. I processi non fanno non ho BUFFER.

ϵ : $\mu = 1/a / 1/p = 0,04 / 1/23 = 0,92 < 1$

dove $1/a = TH = 2,4 \text{ job/h} = 0,04 \text{ job/min}$

Problema risolto con:

$A = \frac{m_f}{m_r + m_f} = \frac{200}{200 + 10} = 0,95$

$P = \frac{P_0}{A} = \frac{22}{0,95} = 23$

$CV_p^2 = 1 + (1 + P) \cdot 0,95 (1 - 0,95) \cdot \frac{10}{22} = 1,04$

Per il momento abbiamo verificato che è stabile, riuscirei a fare 2,4 job/h

ORA VERIFICO SE PERVIREBBE BASTA PIU' GRANDE:

$I_q(\epsilon) = T_q(\epsilon) \cdot TH$

ma: $T_q(\epsilon) = \left(\frac{CV_{aE}^2 + CV_p^2}{2} \right) \left(\frac{U_E}{1 - U_E} \right)^P$

ma: $CV_{aE}^2 = 1 + (1 - U_{RA}^2) (CV_{aRA}^2 - 1) + (CV_{pRA}^2 - 1) \frac{U_{RA}^2}{\sqrt{1}}$

$CV_{aE}^2 = 1 + (1 - 0,88^2) (1 - 1) + (6,33 - 1) \frac{0,88^2}{\sqrt{1}} = 5,13$

$T_q(\epsilon) = \left(\frac{5,13 + 1,04}{2} \right) \left(\frac{0,92}{1 - 0,92} \right)^{23} = 816'$

$I_q(\epsilon) = 816' \cdot 0,04 = 33$ CODA $\rightarrow > 20$ è il buffer il problema per avere il $TH = 2,4 \text{ job/h}$

In realtà è un cdb **FINTO** perché

In una azienda il 92% di utilizzo è bene ci basterebbe comprare ancora stoviglie da 20 a 40 senza comprare nuovi macchinari.

Rechi: ma la soluzione NON è corretta!

Scione E' ho utilizzato > di 'RA' è giusto che sia il cdb

Vero problema:

Variazione della 2^a macchina che si pensa dallo 1^a, mi crea allungamento del tempo di attesa che porta all'aumento del WIP, ma io lo ho limitato, quindi si blocca.

1^o di tutto conviene fare manutenzione preventiva poi si procede come detto prima dimpiamo lo cdb se ne

IL PROBLEMA NON E' E' MA 'RA' dove c'è un'alta causa di guasti (6,33)

Alora:

$$T_{qT} = \left(\frac{C_{v0}^2 + C_{vp}^2}{2} \right) \left(\frac{u}{1-u} \right) P = \left(\frac{1+1}{2} \right) \left(\frac{0,625}{1-0,625} \right) 60 = 100$$

$$T_{qc} = \left(\frac{C_{v0}^2 + C_{vp}^2}{2} \right) \left(\frac{u^{1/2} (2(m+1))^{-1} - 1}{1-u} \right) \frac{P}{m} = \left(\frac{1+2,01}{2} \right) \left(\frac{0,49 \sqrt{2(2+1)}^{-1} - 1}{1-0,49} \right) \frac{94,74}{2} = 94,74$$

dove alcuni guasti il $C_{vp}^2 = C_{v0}^2 + (1 + C_{vr}^2) A(1-A) mP/P_0 = 2 + (1+1)(0,95)(1-0,95) \frac{10}{90}$
 $\rightarrow C_{vp}^2 = 2,01$

$$T_{qR} = \left(\frac{C_{v0}^2 + C_{vp}^2}{2} \right) \left(\frac{u}{1-u} \right) P = \left(\frac{1,17 + 3,66}{2} \right) \left(\frac{0,156}{1-0,156} \right) 15 = 6,71$$

dove:

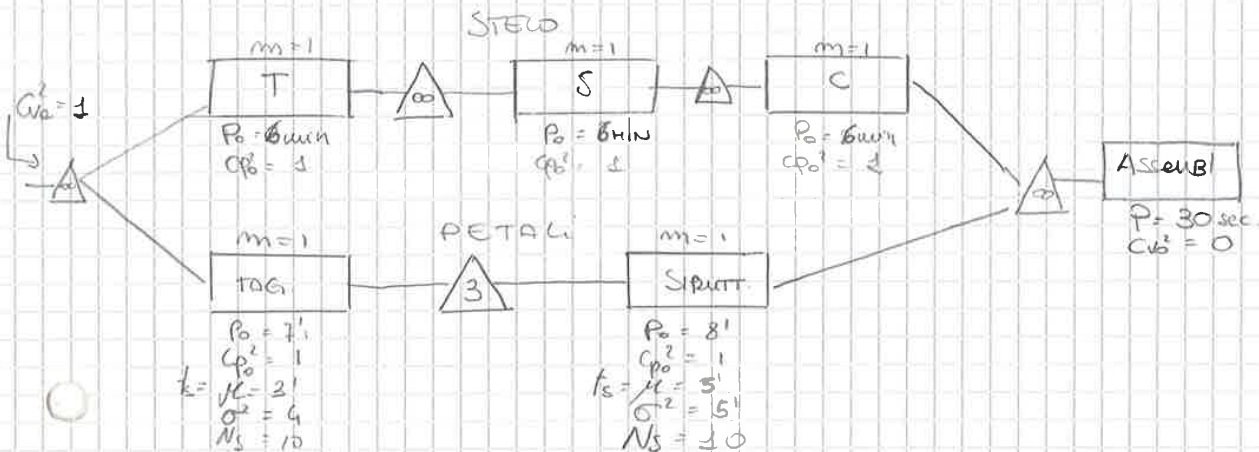
$$C_{v0}^2 = \frac{1 + (1-u^2)(C_{v0}^2 - 1) + \frac{u^2}{V_{mci}} (C_{vp}^2 - 1)}{1 + (1-u^2)(C_{v0}^2 - 1) + \frac{u^2}{V_{mci}} (C_{vp}^2 - 1)} = 1 + (1-0,49)(1-1) + \frac{(0,49^2)}{\sqrt{2}} (2,01-1) = 1,17$$

$$\frac{V_0^2 (C_{vp}^2 - 1)}{P} = 3,66 \rightarrow \frac{10^2 + 6,5^2}{N} + \frac{15^2 (N-1)}{N^2} = \frac{C_{v0}^2 P_0^2}{P_0^2} + \frac{C_{vs}^2 15^2}{N} + \frac{15^2 (N-1)}{N} = 1 \cdot 10^2 + \frac{2 \cdot 10^2}{10} + \frac{15^2 (10-1)}{10} = 825$$

PER CIÒ: $T = T_{qT} + P_T + T_{qc} + P_c + T_{qR} + P_R =$

$$T = 100 + 60 + 94,74 + 94,74 + 6,71 + 15 = 326,15 \text{ min} \approx 5,44 \text{ h}$$

ESERCIZIO 4 (Flow e serg)



2 TURNI DI OTTORE

A) Voglio arrivare 80 flow al giorno, a mezza?
 Se SI, Flow time?
 Se NO, perché?

B) Se BUTIRI controlla fino a 100000 carolle, determinare, notando un upper bound per il THROUGHPUT dell'Azienda?

IMPONGO che: BUFFER della linea PETROLI sia ∞ e $TH = 80 \text{ flow/giorno}$

calcolo utilizzo per vedere se è stabile

$$U_T = U_S = U_C = \frac{1/a}{1/p} = \frac{80/30 \cdot 60}{1/6} = 0,8 < 1$$

$$U_{TAG} = \frac{1/a}{1/p} = \frac{80/16 \cdot 60}{1/7,3} = 0,61 < 1$$

$P_0 + \frac{15}{N} = 7 + \frac{3}{10} = 7,3$

$$T_{STENO} = (T_{q_{11}} \cdot P_0) \cdot 3 \text{ (sono tutte 3 uguali)} = (0,5 \cdot 6) \cdot 3 = 9 \text{ min}$$

$$T_q = T_q \cdot T_H = \left(\frac{1+1}{2}\right) \left(\frac{0,5}{0,5}\right) 6 \cdot \frac{1}{12} = 0,5$$

$$FT = \text{Max} \{46,94; 9\} + 30'' = 2876 \text{ Secondi} \approx 48'$$

domanda ② (domanda di teoria Tralasciare da esercizio)

Se ordino B = 100000 copie
Determinare l'APPEN BOUNA per il TH ovvero MAX TH.

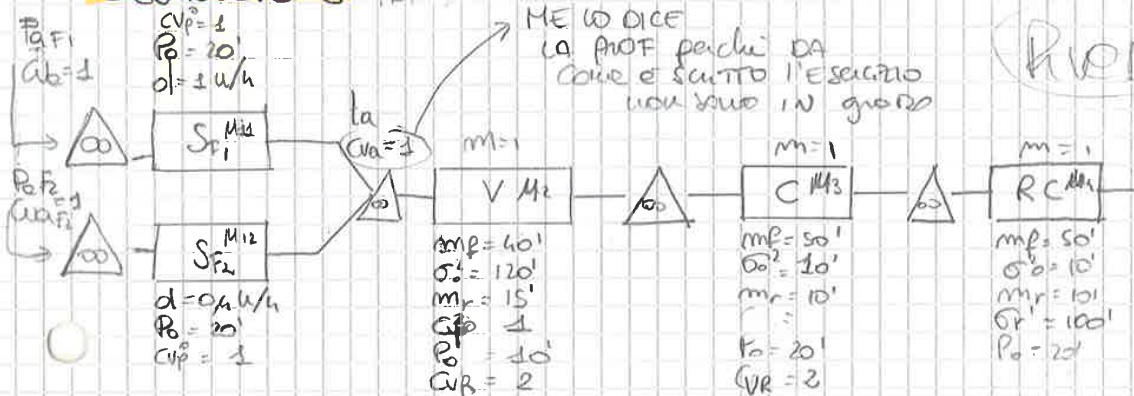
Poiché "struttura" ha l'utuzzo più alto 71% e il cdb ed ha una capacità $C_p = \frac{1}{P_0} = \frac{1}{8/S} = 0,12 \text{ f/min} \approx 112,94 \text{ f/AG}$

IL BUFFER DI 100000 non vincola il TH max perché è comunque $B \gg TH$ quindi è come se il sistema percepisse un $B \rightarrow \infty$

TH max raggiungibile (e B del TH) è la capacità del cdb

ESERCIZIO 5

JUNNY
DIN



Stabile?
Pende?
> tempo di processo rispetto al tempo di ciclo?

$$T_H = d = \begin{cases} 0,4 & F_2 \text{ conico} \\ 1 & F_1 \end{cases} \rightarrow 1,4$$

$$M_{H11} = \frac{1/2}{1/p} = \frac{1/60}{1/20} = 0,33 < 1$$

$$M_{H12} = \frac{0,4/60}{1/20} = 0,13 < 1$$

$$M_2 = \frac{1/2}{1/p} = \frac{1/60}{1/3,75} = 0,33 < 1$$

$$A = \frac{m_p}{m_p + m_m} = \frac{40}{55} = 0,73 \rightarrow P = \frac{10}{0,73} = 13,75$$

STABILE!

$$M_3 = \frac{1/2}{1/p} = \frac{1/60}{1/24} = 0,56 < 1$$

$$P_1 \rightarrow A = \frac{50}{60} = 0,83 \quad P = \frac{20}{0,83} = 26$$

$$C_{wp}^2 = C_{u0}^2 + (1 + (U_r)^2) \cdot A \cdot (1 + A)^{mR} / P_0 = \frac{10}{20} + \left(1 + \frac{100}{10^2}\right) \cdot 0,83 \cdot (1 + 0,83)^{\frac{10}{20}} = 0,16$$

$\frac{\sigma_0^2}{P_0}$ $\frac{\sigma_r^2}{mR^2}$

$$P_{0M4} = 24'$$

$$T(F_1) = 10' + 20' + 12' + 14 + 20' + 24 - 15' + 24' = 139'$$

$$T(F_2) = 3' + 20' + 12' + 14 + 20' + 24 + 15' + 24' = 132'$$

Tempo Attese $F_1 \rightarrow 10 + 12 + 20 + 15 = 57'$

\hookrightarrow ob. cui tempo atteso $\frac{139 - 57}{139} \cdot 100 = 50\%$

Tempo Attese $F_2 \rightarrow 3 + 12 + 20 + 15 = 50'$

\hookrightarrow ob. cui tempo atteso $\frac{132 - 50}{132} \cdot 100 \approx 62,12\%$

ESERCITAZIONE

CAPITOLO 8

ESERCIZIO (8.5) NEGOZIO DI DVD

\hookrightarrow aperto 24 h / GG

\hookrightarrow clienti in media 30 all'ora

$\hookrightarrow \sigma_a = 2 \text{ min}$

\hookrightarrow l'operatore (1 solo) mescola o fa uscire in negozio un cliente dopo $1,7 \text{ min} \pm 3 \text{ min}$ in base al n° di DVD che prende

- tempo medio di attesa senza il CHECKOUT
- quando l'operatore non sta servendo il cliente netto via i DVD e ci mette 1,5 MIN, quanti DVD nette via in 8 h
- n° medio di clienti in corso in attesa di essere serviti + quello in servizio
- assumendo che il 10% dei clienti non acquistano ne noleggiando, qual'è il tempo di attesa prima di essere servito dall'impiegato x il CHECKOUT senza includere l'attuale tempo di CHECKOUT. Assumendo che il coeff. di variazione degli arrivi sia lo stesso
- Assumere che viene dato del cibo ai clienti in fila che costa al negozio 0,75 \$/conviene aumentare il n° degli operatori (quanto da \$) se si, di quanto?

$$T_H = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{30} = \frac{60}{30} = 2$$

$$\mu = \frac{P}{Q} = \frac{1,7}{2} = 0,85$$

$$a) T_q = \left(\frac{C_{u0}^2 + C_{wp}^2}{2} \right) \left(\frac{\mu}{1 - \mu} \right) \frac{P}{m} \quad m = 1$$

$$C_{wp}^2 = \frac{\sigma_p^2}{p^2} = \frac{3}{1,7^2} = 3,11$$

$$C_{u0}^2 = \frac{\sigma_a^2}{a^2} = \frac{4}{4} = 1$$

$$T_q = \left(\frac{1 + 3,11}{2} \right) \left(\frac{0,85}{0,15} \right) \cdot 1,7 = 19,79 \approx 20'$$

ESERCIZIO 8.6 Affitto TELEFONI

- ↳ 80 TELEFONI
- ↳ Richieste esponenzialmente distribuite e D. UNIFORME
- ↳ 25 clienti / GG \rightarrow 24 h / GG
- ↳ CVA = 1
- ↳ $\rho = 72$ h
- ↳ $\sigma =$ deviazione standard = 100 h
- ↳ BIFRECO
- ↳ Durata d'attesa l'attesa di una scheda gratuita e spende per questo 1 \$/h

- a) N° medio TELEFONI che ci aspettiamo di trovare in negozio?
- b) Tempo medio attesa cliente?
- c) mese 30 GG, quanto pago per le corse che ho dovuto aspettare l'attesa?
- d) Assumere che l'attesa possa comprare TELEFONI IN PIU' a 1000 \$/h conviene?
- e) Come cambia il tempo di attesa se la compagnia decide di limitare il tempo di consegna a 72 h, con n° clienti / GG 20.

a) $\mu = \frac{1}{2} \rho / m / p$ dove $\frac{1}{2} \rho = \tau = \frac{1}{24} \cdot 25 = 1,04$

$m = 80$
 $p = 72$ h

$\mu = \frac{1,04}{80/72} = 0,94 \rightarrow 94 \%$

IN AZIENDA: $1 - \mu = 1 - 0,94 = 0,06 \rightarrow 0,06 \cdot 80 = 4,8 \approx 5$ CELL

b) $Tq(m) = \left(\frac{Cv^2 + Cp^2}{2} \right) \left(\frac{\mu \sqrt{2(2m+1)} - 1}{1 - \mu} \right) \frac{\rho}{m}$

$Tq(80) = \left(\frac{1 + 1,93}{2} \right) \left(\frac{0,94 \sqrt{162} - 1}{1 - 0,94} \right) \frac{72}{80} = 10,6$ h

$\frac{\sigma_p^2}{p^2} = \frac{100^2}{72^2}$

c) $10,6 \cdot 1,04 \cdot 24 \cdot 30 \cdot 1 \text{ \$/h} \approx 7938 \text{ \$/mese}$

d) $Tq(m=81) = \left(\frac{1 + 1,93}{2} \right) \left(\frac{0,92 \sqrt{164} - 1}{1 - 0,92} \right) \frac{72}{81} = 7,9$

$\mu = \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{m} = 1,04 \cdot \frac{72}{81} = 0,92$

$7,9 \cdot 1,04 \cdot 24 \cdot 30 \cdot 1 = 5913 \text{ \$/mese}$

QUANTO PAGO PER LA SCHEDA PER LA CORSA IN ATTESA

Conviene comprare 1 IN + \leftarrow quanto risparmio con il servizio di $\leftarrow 7938 - 5913 = 2025$