



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 602

DATA: 02/09/2013

A P P U N T I

STUDENTE: Francia

MATERIA: Programmazione e Controllo della Produzione + Eserc.
Prof. Alfieri

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.**

IL PREZZO

PER GLI ECONOMISTI IL PREZZO È UN QUALCOSA CHE SISTEMA L'INCONTRO TRA DOMANDA E OFFERTA (SE LA DOMANDA SALE E L'OFFERTA RIMANE COSTANTE O DIMINUISCE IL PREZZO SALA AL CONTRARIO SE CRESCE L'OFFERTA E LA DOMANDA RIMANE COSTANTE O DIMINUISCE IL PREZZO DIMINUISCE).

PER UN MANAGER LE COSE SONO DIVERSE: UN ECCESSO DI DOMANDA SIGNIFICA PERDERE DEI POSSIBILI RICAVI MENTRE UN ECCESSO DI OFFERTA VUOL DIRE CHE HO SOSTENUTO DEI COSTI CHE NON MI HANNO PORTATO NESSUN PROFITTO, HO PRODOTTO QUALCOSA CHE POI NON HO VENDUTO.

BISOGNA PRODURRE QUANTO RICHIESTO DAL MERCATO (QUANTITÀ, QUALITÀ, TEMPO).

ESEMPI:

- LA NINTENDO NEL 2006 HA LANCIATO LA WII CHE HA RISCOSSO UN INASPETTATO SUCCESSO PER CUI LA NINTENDO SI È TROVATA AD AFFRONTARE UNA GRANDE DOMANDA IMPREVISTA, TANTO CHE C'ERA GENTE CHE FACEVA LA FILA PER COMPRARE LA WII PER RIVENDERLA A PREZZI PIÙ ALTI.

ANCHE SE LA NINTENDO COL TEMPO È RIUSCITA A SODDISFARE LA DOMANDA, CHE COL PASSAR DEL TEMPO DIMINUIVA, CI HA COMUNQUE RIMESSO MOLTO PERCHÉ AVREBBE POTUTO VENDERE DI PIÙ. IN QUESTO CASO A LIVELLO DI PRODUZIONE LA DOMANDA POTEVA ESSERE SODDISFATTA MA CI SONO STATI DEI PROBLEMI DI TEMPISTICA.

- LA DELL NEL 2007 HA PERSO IL PRIMATO SUI NOTEBOOK (SUPERATA DA HP), COSÌ, HA IDEATO I NOTEBOOK COLORATI O DISEGNATI, COME MODO PER RICONQUISTARE LA FETTA DI MERCATO MA NON CI SONO RIUSCITI INQUANTO LA FORZA PRODUTTIVA PER AFFRONTARE LA DOMANDA C'ERA MA LA PRODUZIONE SI È FERMATA A CAUSA DI PROBLEMI CON LE POLVERI, QUINDI I CLIENTI HANNO DISDETTO L'ORDINE E HANNO COMPRATO, PIUTTOSTO, NOTEBOOK HP MONOCROMATICI (NERO O GRIGIO). IN QUESTO CASO NON C'È STATA NE QUALITÀ NE QUANTITÀ PRODUTTIVA.

- A MANHATTAN ALLE 4 DI POMERIGGIO C'È IL CAMBIO TURNO DEI TAXISTI, QUINDI A QUELL'ORA NON SI TROVANO TAXI DISPONIBILI: PROBLEMA DI TEMPISTICA.

- NEL 2002 UN UOMO MUORE (IN GERMANIA) DOPO ESSERE STATO IN ELISOCORSO PERCHÉ 8 OSPEDALI, NON SI È TROVATA UNA SALA OPERATORIA LIBERA; QUESTO HA FATTO MOLTO SCALPORE ED È SEMPRE UN PROBLEMA DI INCONTRO TRA DOMANDA E OFFERTA.

NEL CASO DELLA SALA OPERATORIA⁰ MI MANCANO LE RISORSE PER DARE IL SERVIZIO O NON SONO IN GRADO DI GARANTIRE IL SERVIZIO IN UN DETERMINATO TEMPO.

MISMATCH → TERMINE INGLESE CHE LETTERALMENTE SIGNIFICA "DIVARIO", "DISCREPANZA" "NON CORRISPONDENZA". IN AMBITO SOCIO-ECONOMICO IL TERMINE MISMATCH INDICA IL MANCATO INCONTRO TRA DOMANDA E OFFERTA.

1. MANAGER NELLE CERCARE DI FAR INCONTRO TRA DOMANDA E OFFERTA

LA DOMANDA È: QUANTO VOGLIO FAR ASPETTARE I CLIENTI?

QUESTO DIPENDE DALLA TIPOLOGIA DI CALLCENTER (PRONTOSOCORSO, INFORMAZIONI, ETC) SE PER ESEMPIO HO SCELTO CHE I CLIENTI NON DEVONO ASPETTARE PIÙ DI TRE MINUTI DECIDERO DI ADOTTARE UNA CERTA STRATEGIA CHE IN QUESTO MODO GARANTIREBBE UN 92% DI BONTÀ DEL SERVIZIO MA POTREBBE BASTARMI MENO, QUINDI DEVO CERCARE DI CAPIRE QUANTO MI FRUTTA UN CLIENTE SODDISFATTO.

IO RIESCO A OFFERIRE IL 92% DI BONTÀ DEL SERVIZIO SPENDENDO IL MENO POSSIBILE (OVVERO CON GLI STESSI OPERATORI)? NO, DEVO FARE UN INVESTIMENTO IN MIGLIORAMENTO DELLA TECNOLOGIA.

-EFFICIENZA -TRADE OFF -REDESIGN DEL PROCESSO

TRADEOFF → BILANCIAMENTO O PUNTO DI EQUILIBRIO CHE PERÒ DECIDO IO

A SECONDA DEL PROCESSO POSSO FARE UNA O PIÙ O TUTTE QUESTE COSE.

UN QUALUNQUE PROCESSO NON DEV'ESSERE SOLO IN GRADO DI FARE UN BUON PRODOTTO O SERVIZIO MA DEVE ANCHE ESSERE FORNITO BENE.

PER GOVERNARE BENE IL PROCESSO DEVO CONOSCERLO

ESEMPIO (OSPEDALE): CAP 7 LIBRO

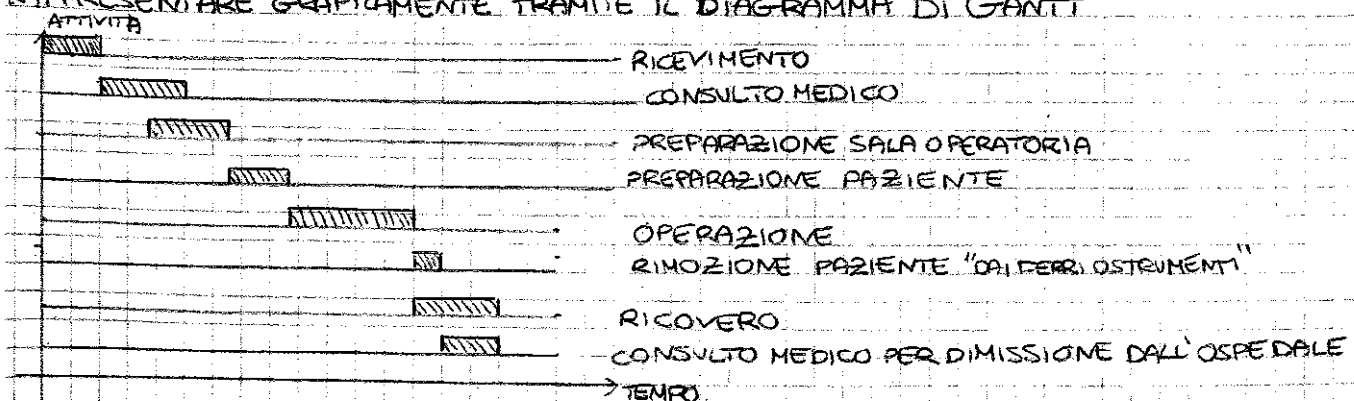
SIAMO IN UN REPARTO DI CHIRURGIA E RAGGI X IN UN OSPEDALE CHE HA I TEMPI DI LAVORAZION RELATIVAMENTE BREVI E ASSIMILABILI A REGIMI DI PRODUZIONE.

TAGLIARE CON MACCHINE RAGGI X COSTA MENO CHE IN UN REPARTO CHIRURGICO E SONO OPERAZIONI PIÙ VELOCI CHE GRAZIE ALLA TECNOLOGIA AVANZATA PERMETTE DI AVERE RISPARMI NOTEVOLI.

I PAZIENTI ARRIVANO ALL'OSPEDALE, PARLANDO COL MEDICO, VENGONO OPERATI SUBITO (ANQUE IL GIORNO STESSO) E POI VENGONO MANDATI A CASA; QUESTO APPENA DESCRITTO PRENDE IL NOME DI PROCESSO.

L'OSPEDALE NON DEVE FARE PROFITTO MA NON DEVE ANDARE IN ROSSO E DEVE GARANTIR UN SERVIZIO EFFICIENTE. IN QUESTO CASO PARLIAMO DI SISTEMA DI SERVIZIO CHE RICORDA UN SISTEMA DI PRODUZIONE.

UN PROCESSO È COMPOSTO DA ATTIVITÀ CHE SERVONO A PORTARE UN INPUT IN UN OUTPUT (IN QUESTO CASO INPUT = PAZIENTE MALATO, OUTPUT = PAZIENTE OPERATO), CIÒ SI PUÒ RAPPRESENTARE GRAFICAMENTE TRAMITE IL DIAGRAMMA DI GANTT.



TEMPI DI ATTESA DOVUTI A QUESTI CASI È UNO DEI PROBLEMI D'INCONTRO TRA DOMANDA E OFFERTA DI TIPO TEMPORALE.

LE ATTIVITÀ SONO FATTE DA RISORSE CHE INTERVENGONO SULL'UNITÀ DI FLUSSO.

DAL PUNTO DI VISTA DELL'UNITÀ CI SONO DELLE ATTESE. DAL PUNTO DI VISTA DELLE RISORSE CI SARANNO MOMENTI DI LAVORO ININTERROTTO E MOMENTI DI PAUSA IN CUI NON SI FA NIENTE (ESEMPIO: UNA CASSIERA AL SUPERMERCATO AVRÀ TANTISSIMI CLIENTI DURANTE LE O DI PUNTA E ALTRI MOMENTI IN CUI I CLIENTI SARANNO POUCHI).

BISOGNA ANCHE NOTARE CHE SE LE RISORSE SONO USATE SEMPRE AL 100% NON È UNA COSA PIENAMENTE POSITIVA PERCHÉ SIGNIFICA CHE HO MENO CAPACITÀ DEL NECESSARIO.

VALUTAZIONE DI UN PROCESSO

PER VALUTARE UN PROCESSO DEVO MISURARE LE TRE SEGUENTI COSE:

- WIP (WORK IN PROGRESS O WORK IN PROCESS) → INVENTORY, ACCUMULO DEL FLUSSO DI UNITÀ [UNITÀ] (~~TEMP~~ DI NUMERO MEDIO DI PERSONE IN ATTESA) SERVE ANCHE A CAPIRE SE GLI SPAZI SONO ADEGUATI
- FLOW TIME O CYCLE TIME → È IL TEMPO DA QUANDO UN'UNITÀ ENTRA NEL SISTEMA A QUANDO ESCE DAL SISTEMA [TEMPO (h, min, sec, anni...)] (TEMPO DI ATTESA MEDIO PER UN PAZIENTE).
- THROUGHPUT RATE O FLOW RATE → QUANTE PERSONE (SERVIZIO) O PRODOTTI (PRODUZIONE) RIESCO A FAR "USCIRE" IN UN DETERMINATO TEMPO [UNITÀ/TEMPO] (NUMERO DI PAZIENTI CHE ESCONO DALL'OSPEDALE O CHE SONO STATI OPERATI IN UN GIORNO).

UN MANAGER VORREBBE AVERE:

- WIP BASSO PERCHÉ IL MAGAZZINO È UN INVESTIMENTO E SE QUELLO CHE HO IN MAGAZZINO NON LO VENDO SIGNIFICA CHE HO INVESTITO IN QUALCOSA CHE NON MI DÀ PROFITTO.
- LO ZERO INVENTORI NON ESISTE PERCHÉ OGNI PRODOTTO O SERVIZIO PRIMA DI ESSERE VENDUTO PASSA DAL MAGAZZINO ALTRIMENTI SI AVREBBERO TUTTI TEMPI DI ATTESA NULLI CHE È IMPOSSIBILE. QUESTO VALE PER QUALUNQUE TIPOLOGIA DI SISTEMA.
- FLOW TIME BASSO PERCHÉ PIÙ IL TEMPO È BASSO E PIÙ GARANTISCO UN BUON SERVIZIO (NEL CASO DELL'OSPEDALE I PAZIENTI SONO SODDISFATTI); INOLTRE PIÙ I TEMPI SONO LUNGI E PIÙ C'È IL RISCHIO CHE QUALCOSA VADA STORTO E DEVO PAGARE DELLE PENALI.
- FLOW RATE ALTO PERCHÉ SE RIESCO A VENDERE TUTTO CIÒ CHE PRODUCO, PIÙ PRODUCO E PIÙ FACCIO PROFITTO.

IL THROUGHPUT DI UN PROCESSO È QUELLO DI UNA PARTICOLARE ATTIVITÀ DEL PROCESSO. IN REALTÀ, QUINDI, CORRISPONDE A UNA GRANDEZZA DELLE ATTIVITÀ CHE HANNO UNA PROPRIA CAPACITÀ; PIÙ PRECISAMENTE CORRISPONDE ALLA CAPACITÀ DELL'ATTIVITÀ CON CAPACITÀ PIÙ BASSA CHIAMATA COLLO DI BOTTIGLIA (NON SEMPRE È LA PIÙ LENTA MA È QUELLA CHE HA L'UTILIZZO PIÙ ALTO)

COME SONO LEGATE QUESTE TRE GRANDEZZE CE LO DICE L'UNITÀ DI MISURA

FORMULA DI LITTLE → $WIP = THROUGHPUT \cdot FLOWTIME$ VALE SEMPRE (IN MEDIA)

SE PARTO DA UN WIP ALTO E UN THROUGHPUT ALTO E VOGLIO ARRIVARE AD AVERE UNA CONFIGURAZIONE PIÙ EFFICIENTE DEVO VALUTARE QUANTO MI COSTA E QUANTO CI GUADAGNO (WIP BASSO, TH BASSO); OTTENERE UN MIGLIORAMENTO HA SEMPRE UN COSTO, PER ESEMPIO IL MIGLIORAMENTO DELLA TECNOLOGIA.

TUTTO IL DISCORSO FATTO SUI GRAFICI VALE SOLO QUANDO PRENDIAMO IN CONSIDERAZIONE UN SOLO TIPO DI UNITÀ: UN SUPERMERCATO, PER ESEMPIO, VENDE TANTI PRODOTTI TUTTI DIVERSI (LATTINE COCA COLA, PACCHI DI PASTA, ...) QUINDI DEVO TRATTARE QUESTO TIPO DI CASO IN MODO DIVERSO.

QUANDO HO UNITÀ DIVERSE POSSO FARE UN'ANALISI DIVERSA PER OGNI UNITÀ MA NON SAREBBE UNA BUONA IDEA PERCHÉ SE FACCIÒ SIA VITI CHE PISTONI, ESSI POSSONO ESSERE PRODOTTI DAGLI STESSI MACCHINARI E NON SO COSA FACCIÒ IN OGNI ISTANTE (IN UN'ORA POTREI ALTERNARE PIÙ VOLTE LA PRODUZIONE DI VITI E PISTONI), INOLTRE ANCHE NEL WIP NON AVRO SOLO UN TIPO DI UNITÀ.

LA SOLUZIONE AL PROBLEMA È VALUTARE L'ACCUMULO DI MATERIALE IN SOLDI E NON PIÙ UNITÀ (I SOLDI SONO UN'UNITÀ DI MISURA AGGREGATA).

PER APPLICARE LA LEGGE DI LITTLE DEVO CAMBIARE LE UNITÀ DI MISURA:

- WIP [€]; QUANDO STIAMO PARLANDO DI PERSONE (PAZIENTI IN OSPEDALE) RARAMENTE SI USA IL DENARO, PIUTTOSTO SI PREFERISCE USARE UNA MEDIA (IN OSPEDALE CI SONO PAZIENTI CON DIVERSE PATOLOGIE E DIVERSI TEMPI DI OPERAZIONE, SI FA LA MEDIA E QUESTI TEMPI).

- FLOW RATE [€/UNITÀ DI TEMPO]; IN QUESTO CASO COME FLOW RATE USIAMO IL COSTO DEL VENDUTO (COGS = COST OF GOOD SOLD)

- CYCLE TIME [TEMPO]; INDICA IL TEMPO DA QUANDO UN DOLLARO PASSA DAL MAGAZZINO ALLE MIE TASCHE.

ESEMPIO:

$$WIP = 3000 \text{ €} \quad COGS = THROUGHPUT = 11000 \text{ €/ANNO}$$

$$CT = \frac{3000}{11000} = 0,26 \text{ ANNI} \approx 94 \text{ GIORNI} \quad (\text{TEMPO MEDIO CHE UN GENERICO PRODOTTO RIMANE IN MAGAZZINO})$$

DAYS OF SUPPLY → SONO I GIORNI DI SCORTA, OVVERO SE I MIEI APPROVVIGIONAMENTI FINISSERO ADESSO, QUINDI SUPPONIAMO CHE NEL SUPERMERCATO NON ENTRA PIÙ NIENTE, POSSO SOPRAVVIVERE PER CIRCA 94 GIORNI. IL DAYS OF SUPPLY RAPPRESENTA PER QUANTO TEMPO (IN MEDIA) POSSO SODDISFARE LA DOMANDA. $DAYS OF SUPPLY = \frac{INVENTORY}{FLOWRATE}$

IT → INVENTORY TURNS, MI INDICA QUANTE VOLTE RICAMBIO QUELLO CHE HO IN MAGAZZINO E QUESTO È UN INDICE MOLTO IMPORTANTE CHE SI CALCOLA CON LA FORMULA $IT = \frac{1}{DAYS OF SUPPLY}$ (IT = $\frac{1}{0,26} \approx 3,85$). $IT = \frac{FLOWRATE}{INVENTORY}$

IL VALORE PREFERIBILE DELL'IT DIPENDE DAL TIPO DI SETTORE DI CUI STIAMO PARLANDO SOLITAMENTE È PREFERIBILE AVERE UN INDICE ALTO IN QUANTO SE C'È UN GRANDE

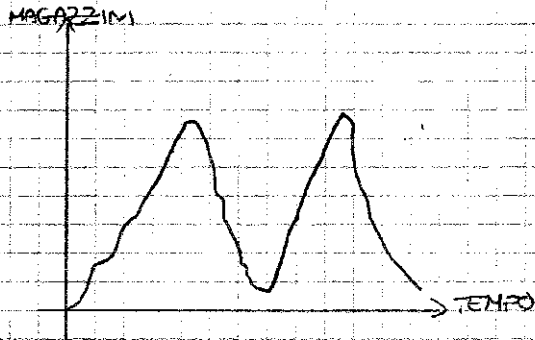
OBBLIGO DI AVERE UN MAGAZZINO PERCHÉ SONO OBBLIGATO AD AVERE UN MAGAZZINO?

SONO OBBLIGATO AD AVERE UN MAGAZZINO PERCHÉ:

TEMPI NON NULLI → I TEMPI DEL PROCESSO (PRODUZIONE-VENDITA) NON SONO NULLI, PER QUESTO HO UN MAGAZZINO IN CUI FINISCE TUTTO CIÒ CHE È IN ATTESA E TUTTO CIÒ CHE È IN PROCESSO (PIPELINE: PRODOTTI IN FASE DI TRASFORMAZIONE DA INPUT AD OUTPUT) QUINDI IL MAGAZZINO NON SI PUÒ MAI AZZERARE. PER ABBASSARE I MAGAZZINI O ABBASSO IL THROUGHPUT O ABBASSO IL TEMPO CICLO. SE HO CAPACITÀ INFINITE NON ANNULLO COMUNQUE I TEMPI DI OPERAZIONI MA ANNULLO LE ATTESE DISSERVIZI → IL NOSTRO SISTEMA È FATTO DA TANTE ATTIVITÀ TUTTE CORRELATE E SE QUALCOSA SI FERMA, SI FERMA TUTTO E NEL CASO PIÙ GRAVE SI PUÒ BLOCCARE IL NOSTRO COLLO DI BOTTIGLIA. BISOGNA METTERE UN BUFFER DI DISACCOPIAMENTO (DECOUPLING) TRA LE ATTIVITÀ CHE SIGNIFICA DISACCOPIARLE E PIÙ IL BUFFER È ALTO E PIÙ LE ATTIVITÀ SONO INDIPENDENTI (SUI SERVIZI CI SONO PIÙ PROBLEMI CHE SULLA PRODUZIONE).

POSSO ANCHE AVERE BUFFER INTERNI, OVVERO COMPRO PIÙ MATERIE PRIME PERCHÉ NEL CASO IN CUI I FORNITORI ABBIANO DEI PROBLEMI, IO PER UN PO' POSSO SOPRAVVIVERE.

ECONOMIA DI SCALA → IN QUESTO TIPO DI ECONOMIE PIÙ PRODUCO PIÙ È MINORE IL COSTO DELL'UNITÀ



ESEMPIO: SUPPONIAMO CHE DEVO TRASPORTARE DA A A B E DEVO PAGARE UN CAMION PER IL VIAGGIO, OVVVIAMENTE È MEGLIO SE TRASPORTO UNA GRANDE MASSA DI PRODOTTO CHE UNO SINGOLO (PAGO UNA SOLA VOLTA IL VIAGGIO). PER QUESTO MI CONVIENE AVERE UN MAGAZZINO.

ESEMPIO:

I FORNI DI UNA PASTICCERIA HANNO UN COSTO DI FUNZIONAMENTO ELEVATO.

SE ORDINO UNA TORTA, NON LA FANNO DA SOLA MA, SE NON NE HANNO PIÙ IN MAGAZZINO, SE IL FORNO NE PUÒ PRODURRE SO NE FACCIAMO 50 E 49 LE METTO IN MAGAZZINO, QUESTE SCORTE SI CHIAMANO SCORTE CICLO, È COME SE CI FOSSE UN CICLO DI LAVORAZIONE.

VARIABILITÀ DELLA DOMANDA → POSSO AVERE DUE TIPI DI VARIABILITÀ

• VARIABILITÀ NOTA A PRIORI: È LA VARIABILITÀ GRANDE (NELL'ANNO, PER ESEMPIO, SO CHE LA VENDITA DEI GELATI VARIA DA STAGIONE A STAGIONE E SARÀ MAGGIORE IN ESTATE).

ANCHE L'OFFERTA VARIA (AD ESEMPIO NEL PERIODO DI NATURAZIONE DEI POMODORI NE PRODUCO MOLTI E PER IL RESTO DELL'ANNO NIENTE, PER QUESTO DEVO CREARE UN MAGAZZINO IN MODO DA AVERE PASSATA DI POMODORO PER TUTTO L'ANNO).

QUANDO POSSO PREVEDERE LA DOMANDA NON POSSO COMUNQUE AD ESEMPIO INIZIARE A MANIPOLARE QUANTITÀ DA NOVEMBRE PERCHÉ DURANTE L'ANNO L'IMPIANTO MI COSTA

① SE CERCO DI PRODURRE MOLTO CON PRODOTTO STANDARDIZZATO E SONO UN ARTIGIANO NON RIUSCIRÒ MAI PERCHÉ MI SARÀ IMPOSSIBILE PRODURRE GRANDI VOLUMI DI OGGETTI E FACENDOLI A MANO NON SARANNO MAI TUTTI UGUALI.

② UNA MACCHINA MODERNA SAREBBE SPRECATA PER PRODURRE BASSI VOLUMI E INOLTRE SAREBBE IMPOSSIBILE MODIFICARE DI VOLTA IN VOLTA LE CARATTERISTICHE DEL MACCHINARI PER GARANTIRE L'UNICITÀ DEL PRODOTTO.

ADesso VALUTIAMO UN PROCESSO A LIVELLO PIÙ DETTAGLIATO.

IL NOSTRO OBIETTIVO È CAPIRE COME LE VARIE ATTIVITÀ CONCORRONO ALLA COMPOSIZIONE DEL PROCESSO. VEDREMO DI RIPORTARE IL FLOW-RATE ALLE SINGOLE ATTIVITÀ.

BISOGNA CERCAR DI CAPIRE COME FUNZIONA IL PROCESSO, OMMERO COME LE NOSTRE UNITÀ FLUISCONO ALL'INTERNO DEL PROCESSO E COME SI TRASFORMANO GRADATAMENTE DA INPUT AD OUTPUT E MI SERVE SAPERE COME SONO CORRELATE LE ATTIVITÀ.

PER SCHEMATIZZARE UN PROCESSO NON BISOGNA PERDERSI IN DETTAGLI INUTILI, BISOGNA AVERE 3 TIPI DI VISTE: VISITATORE (AD ESEMPIO UNO CHE VISITA L'OSPEDALE E FA FOTOGRAFIE VEDE A LIVELLO AGGREGATO DALL'ESTERNO (A NOI NON SERVE A NULLA), INGEGNERISTICO, CHE GUARDA IL LAYOUT DELL'OSPEDALE, A NOI PERO SERVE SCHEMATIZZARE L'OSPEDALE METTENDOSI NEI PANNI DI UN PAZIENTE CHE SEGUE UN CERTO PERCORSO, IN QUESTO MODO ESATTAMENTE COSA SUCCEDDE A UNA PERSONA CHE ENTRA IN UN REPARTO (QUESTO SI RAPPRESENTA TRAMITE IL PROCESS FLOW DIAGRAM

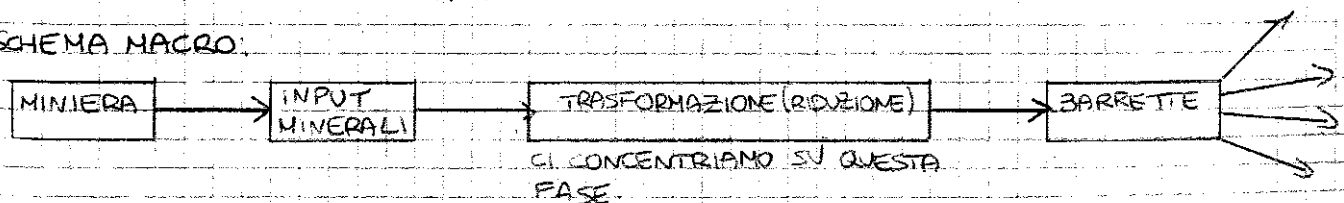
ESEMPIO:

IL MINERALE DI Fe VIENE TRASFORMATO IN Fe RIDOTTO.

PROBABILMENTE SE VADO A VEDERE IN DETTAGLIO IL PROCESSO DI RIDUZIONE NON CAPIRE NIENTE MA SAPREI DARE UNA FOTOGRAFIA ECONOMICA DEL SISTEMA, MI DEVO METTERE NELL'OTTICA DELL'UNITÀ CHE FLUISCE NELL'IMPIANTO.

PER PRIMA COSA DEVO CAPIRE COSA FLUISCE NEL PROCESSO E IN QUESTO CASO SI SCEGLIE L'UNITÀ DI PESO (TONNELLATE DI FERRO)

SCHEMA MACRO:



IN UN PROCESS FLOW DIAGRAM ABBIAMO:

- L'ATTIVITÀ È FATTA DA RISORSE ED AGGIUNGE VALORE ALLE UNITÀ CHE FLUISCONO E HANNO UNA CERTA CAPACITÀ.
- I BUFFER SONO LE "ATTESE", NON AGGIUNGONO VALORE ALLE UNITÀ, CIÒ CHE ENTRA IN UN BUFFER ESCE DA ESSO NELLE STESSA CONDIZIONI, I BUFFER NON HANNO CAPACITÀ MA POSSONO AVERE UNA DIMENSIONE LIMITATA (BUFFER CAPACITY)
- LE FRECCE INDICANO LO SPOSTAMENTO DELLE NOSTRE UNITÀ DI FLUSSO. SE HO PIÙ

NON SI METTE L'ASCENSORE NÈ COME BUFFER NÈ COME ATTIVITÀ PERCHÈ NON AGGIUNGE VALORE ALL'UNITÀ E L'OPERAZIONE È MOLTO VELOCE; COMUNQUE L'ASCENSORE È MOLTO GRANDE O MOLTO VELOCE RISPETTO AL FLUSSO D'USCITA, NON MI DÀ INTERRUZIONI.

UNA COSA NON VIENE CONSIDERATA ATTIVITÀ SE NON È UN INTRALCIO E NON DÀ UN VALORE AGGIUNTO. QUANDO LA TONNELLATA DI MINERALE INIZIA IL PROCESSO FOI DEVE ARRIVARE ALLA FINE. OGNIUNA DI QUESTE SCATOLE PUÒ ESSERE A SUA VOLTA UN PROCESSO CON ALTRE ATTIVITÀ E ALTRI BUFFER. AD ESEMPIO SE VADO AD ANALIZZARE LA SALA OPERATORIA, L'OPERAZIONE CONSISTE IN PIÙ ATTIVITÀ. TANTO MAGGIORE UNA COSA MI INTERESSA E PIÙ SCENDERÒ NEL DETTAGLIO.

QUANTE TONNELLATE DI FERRO RIESCO A PRODURRE?

PER DETERMINARE LA CAPACITÀ DEL PROCESSO DEVO GUARDARE LA CAPACITÀ DI OGNI ATTIVITÀ. CAPACITÀ DI UN PROCESSO: FLOW UNIT PRODUCIBILE IN UN'UNITÀ DI TEMPO.

CAPACITÀ ATTIVITÀ O RISORSA = QUANTITÀ DI FLOW UNIT PRODUCIBILE DALL'ATTIVITÀ O DALLA RISORSA NELL'UNITÀ DI TEMPO. $FLOW\ UNIT / TIME$

LA CAPACITÀ È QUELLO CHE IL PROCESSO È IN GRADO DI FARE MENTRE IL FLOW RATE È QUELLO CHE VERAMENTE FA IL PROCESSO (ESEMPIO: SE COMPRO UNA MACCHINA NUOVA E VA A 130 Km/h MA IO VADO A 60 Km/h, AVRÒ UNA CAPACITÀ DI 130 $\frac{Km}{h}$ MA UN FLOW RATE DI 60 $\frac{Km}{h}$ PRODUCO MENO DI QUANTO SIA PRODUCIBILE).

RISORSA \rightarrow ATTIVITÀ

CAPACITÀ DEL PROCESSO = \min (CAPACITÀ ATTIVITÀ) CAPACITÀ PROCESSO = 100 t/h,

IN REALTÀ DIRE CHE 100 t/h È UGUALE A 400 t/h È SBAGLIATO PERCHÈ I PRODOTTI ESONO DOPO 4 ORE PERÒ NOI SUPPONIAMO CHE LA PRODUZIONE SIA CONTINUA.

IN TEORIA POSSO COMUNQUE PRENDERE GLI ORDINI MA DEVO DIRE AI CLIENTI DI PASSARE DOPO 4 ORE, SEMPRE SE RIEMPI SUBITO IL FORNO, ALTRIMENTI SE VOLESSI ASPETTARE DI RIEMPIRE IL FORNO CON 400 TONNELLATE NON SAPREI LE TEMPISTICHE.

SE PRODUCO 100 MA LA DOMANDA È 110 SIGNIFICA CHE IL PROCESSO NON È SUFFICIENTE, SE INVECE LA DOMANDA È 80 SIGNIFICA CHE IL MIO IMPIANTO È TROPPO GRANDE PER SODDISFARE QUESTA DOMANDA.

CI SARÀ SEMPRE UN'ATTIVITÀ USATA AL 100%? NO, NON SEMPRE, SOLO SE L'INPUT NON È VINCOLANTE E SOLO SE IL PROCESSO È SUPPLY CONSTRAINED (VINCOLO SULLA CAPACITÀ).

ESISTONO ANCHE PROCESSI DEMAND CONSTRAINED (VINCOLO SULLA DOMANDA).

ORA VOGLIAMO DEFINIRE QUAL'È IL FLOW RATE: $FLOW\ RATE = \min(CAPACITÀ, DOMANDA, INPUT)$

QUESTA FORMULA VALE SOLO SE LA DOMANDA È COSTANTE E SE L'UNITÀ DI FLUSSO NEL PROCESSO È UNICA.

SE ABBIAMO PIÙ FLUSSI, QUESTA DEFINIZIONE DEL COLLO DI BOTTIGLIA NON LA POSSIAMO PIÙ UTILIZZARE MA DOBBIAMO USARE LA DEFINIZIONE DI UTILIZZO.

IL METODO PER INDIVIDUARE IL COLLO DI BOTTIGLIA È L'UTILIZZO IMPLICATO (IMPLIED UTILIZATION)

L'UTILIZZO MISURA QUANTO IO STO UTILIZZANDO LE MIE RISORSE O ATTIVITÀ.

UTILIZZO (U) = $\frac{\text{FLOW RATE}}{\text{CAPACITÀ}} \leq 1$ L'UTILIZZO MISURA QUANTA CAPACITÀ STIAMO SPRECCANDO,

QUANTO LA NOSTRA RISORSA È SOTTOUTILIZZATA.

NON SI PARLA MAI DELL'UTILIZZO DEL PROCESSO PERCHÉ CI SAREBBE CONFUSSIONE E NON SAREBBE CHIARO COSA SI INTENDE; SI USA SEMPRE O L'UTILIZZO DELLA RISORSA O L'UTILIZZO DELL'ATTIVITÀ.

IL COLLO DI BOTTIGLIA È LA RISORSA O ATTIVITÀ CON UTILIZZO PIÙ ALTO, COSÌ SIAMO IN GRADO DI GESTIRE PIÙ FLOW UNIT MA IN ALCUNI CASI NON È SUFFICIENTE PERCHÉ L'UTILIZZO MISURA L'ECESSO DI PRODUZIONE E QUANTO VIENE UTILIZZATA UNA RISORSA MA NON MISURA LA PERDITA DI DOMANDA.

SE PRODUCIAMO MENO DI QUANTO DOMANDATO È UN MALE, MA ANCHE SE PRODUCO PIÙ DELLA DOMANDA NON VA BENE PERCHÉ PRODUCO IN ECCESSO.

POSSO AVERE RISORSE CHE STO USANDO AL 100% E ALTRE CHE USO POCO E QUESTO A VOLTE COMPORTA IL NON SODDISFACIMENTO DELLA DOMANDA.

IMPLIED UTILIZATION = $\frac{\text{DOMANDA}}{\text{CAPACITÀ}}$, QUESTA GRANDEZZA PUÒ ESSERE ANCHE SUPERIORE A 1

SE PER ESEMPIO HO UN UTILIZZO IMPLIED AL 120% SIGNIFICA CHE MI MANCA IL 20% DELLA CAPACITÀ PER SODDISFARE LA DOMANDA. IL COLLO DI BOTTIGLIA È QUELL'ATTIVITÀ CON UTILIZZO IMPLIED PIÙ ALTO. QUANDO LA DOMANDA È IL MINIMO TRA CAPACITÀ E INPUT ALLORA UTILIZZO = UTILIZZO IMPLIED.

SE INVECE LA DOMANDA NON È IL MINIMO TRA CAPACITÀ E INPUT IL COLLO DI BOTTIGLIA LO TROVO OSSERVANDO L'UTILIZZO IMPLIED E COSÌ POSSO SUBITO INVESTIRE SULLA MIA RISORSA CRITICA.

OGNI EFFETTO MIGLIORATIVO SUL COLLO DI BOTTIGLIA MIGLIORA TUTTO IL PROCESSO, MENTRE SE MIGLIORO ALTRE ATTIVITÀ, IL MIGLIORAMENTO DEL PROCESSO SARÀ MINIMO. LA DOMANDA DI UN'ATTIVITÀ SI CHIAMA WORK LOAD VISTA DALL'ATTIVITÀ.

IL WORKLOAD È LA RICHIESTA DELLA DOMANDA FINALE RIBALATA SULL'ATTIVITÀ.

UTILIZZO IMPLIED = $\frac{\text{WORKLOAD}}{\text{CAPACITÀ}}$

TROVIAMO SEMPRE UNA RISORSA CON UTILIZZO = 1 (100%)? NO PERCHÉ SE L'INPUT È VINCOLANTE O SE LA DOMANDA È VINCOLANTE NON AVRÒ NESSUN UTILIZZO UGUALE A 1. A VOLTE SI SENTONO AFFERMAZIONI COME: "STIAMO SOTTOUTILIZZANDO LE NOSTRE RISORSE, DOBBIAMO FORTARE L'UTILIZZO AL 100%"; QUESTE AFFERMAZIONI NON HANNO SENSO IN QUANTO NON POSSO PORTARE L'UTILIZZO DI TUTTE LE RISORSE AL 100% PER IL PROCESSO VA AL MASSIMO ALLA VELOCITÀ DEL COLLO DI BOTTIGLIA. LE ATTIVITÀ PRIMA DEL COLLO DI BOTTIGLIA SE FOSSERO UTILIZZATE AL 100% PRODURREBBERO

ESERCIZIO

ABBIAMO UN'AGENZIA CHE VERIFICA I CURRICULUM E POI COMUNICA I RISULTATI ALLE AZIENDE A CUI ABBIAMO MANDATO IL CURRICULUM.

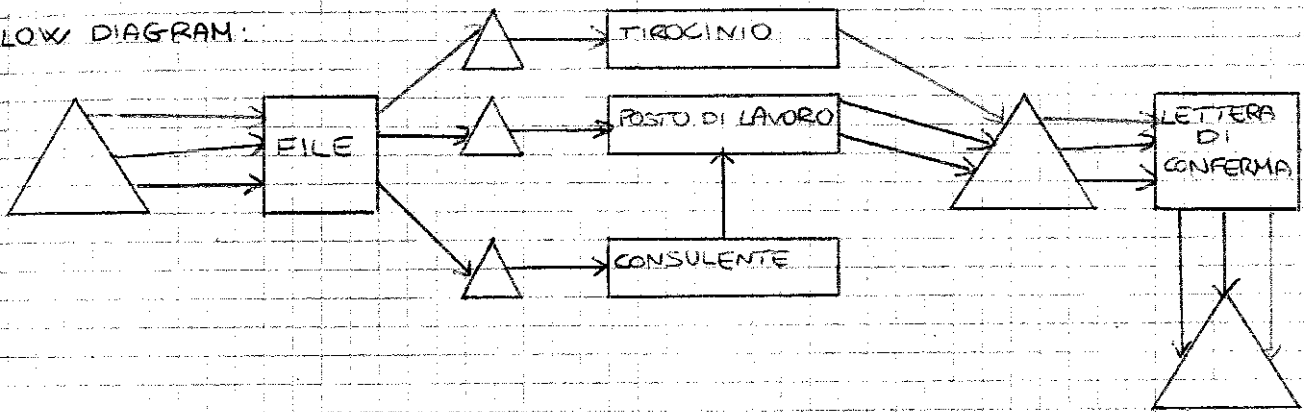
I CURRICULUM SONO DI 3 TIPI: TIROCINIO, POSTO DI LAVORO E CONSULENTE.

PER CREARE UNA PRATICA SERVONO 3 MIN (1 SOLA PERSONA), DOPO CHE LA PRATICA È STATA APERTA DIPENDE DALLA TIPOLOGIA:

- TIROCINIO: VALUTAZIONI UNIVERSITARIE, UNIVERSITÀ DI PROVENIENZA, ECC. 8 MIN PER PRATICA (2 PERS)
- POSTO DI LAVORO: CONTATTARE PERSONE REFERENTI ECC. 15 MIN PER PRATICA (3 PERSONE)
- CONSULENTE: ESPERIENZA UNIVERSITARIA E CONTATTO CON EVENTUALI DATORI DI LAVORO PRECEDENTI. 20 MIN PER PRATICA (2 PERSONE).

DOPO AVER FATTO LE VERIFICHE SI MANDA UNA LETTERA DI CONFERMA 2 MIN PER PRATICA (1 PERSONA).

FLOW DIAGRAM:



- CALCOLARE IMPLIED-UTILIZATION CON DOMANDA: (3 CONS/h, 11 POSTI LAV/h, 4 TIROCINIO/h)

ATTIVITÀ	RISORSA	CAPACITÀ	DOMANDA, WORKLOAD	IMPLIED UTILIZATION	TEMPO
FILE	1	20 PRAT/h	18	0,90	3 min
TIROCINIO	2	15 PRAT/h	4	0,27	8 min
POSTO DI LAV	3	12 PRAT/h	14	1,17	15 min
CONSULENTE	2	6 PRAT/h	3	0,50	20 min
LETTERA	1	30 PRAT/h	18	0,6	2 min

COLLO DI BOTTIGLIA

SE CAMBIA IL MIX CAMBIERÀ IL COLLO DI BOTTIGLIA; DEVO USARE L'UTILIZZO PERCHÉ IL COLLO DI BOTTIGLIA SI MUOVE NEL TEMPO.

SE HO UNA SOLA UNITÀ DI FLUSSO LA CAPACITÀ MI DÀ LA STESSA INFORMAZIONE DELL'UTILIZZO MA IN GENERALE QUESTO NON VALE PERCHÉ NON SEMPRE L'ATTIVITÀ CON MINOR CAPACITÀ È IL COLLO DI BOTTIGLIA, BISOGNA GUARDARE L'UTILIZZO-IMPLIED.

AGGIUNTA: PER CREARE LA PRATICA: 2 MIN TIROCINIO, 3 MIN POSTO DI LAV, 5 MIN CONSULENTE

LA CAPACITÀ DIPENDE DAL MIX, ORA CI SONO 3 VALORI NELLA COLONNA TEMPO. MA NON POSSO TROVARE 3 CAPACITÀ. DEVO CAMBIARE LA FLOW UNIT = 1 MIN DI LAVORO/h

ATTIVITÀ	DOMANDA STAT	DOMANDA STRAN	CAPACITÀ	UTILIZZO IMPLIED
ASCENSORE	10 P/min	5 P/min	100 P/min	0,15
IMMIGRAZ STAT	10 P/min	—	10 P/min	1
IMMIGRAZ STRAN	—	5 P/min	3 P/min	1,67
BAGAGLI	10 P/min	5 P/min	10 P/min	1,5
DOGANA	10 P/min	5 P/min	20 P/min	0,75

} UTILIZZO IMPLIED = $\frac{15}{13} = 1,15$

→ COLLO DI BOTTIGLIA

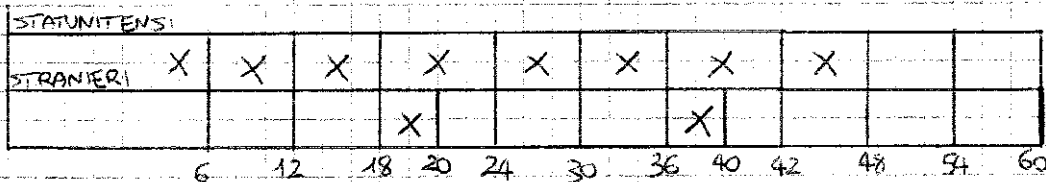
NON POSSIAMO PRENDERE L'IMMIGRAZIONE STRANIERA COME COLLO DI BOTTIGLIA PERCHÉ È UN'ATTIVITÀ CHE SI SVOLGE IN PARALLELO CON UN'ALTRA, QUINDI IL FLOWRATE $\neq \min(15, 3)$ PERCHÉ LA CAPACITÀ DELL'IMMIGRAZIONE STRANIERA VINCOLA SU UN LATO MA NON SULL'ALTRO. QUESTO MI DICE CHE OGNI MINUTO NON VEDRÒ MAI PIÙ DI 3 STRANIERI USCIRE DAL PROCESSO E NON PIÙ DI 10 STATUNITENSIS.

LA FASE DI IMMIGRAZIONE MI BUTTA FUORI, IN AGGREGATO, 13 PASSEGGERI.

FLOW RATE = $\min(15, 10) = 10$

MI ASPETTO DI VEDER USCIRE IN TOTALE 10 PASS/min MA NON POSSO DIRE PRECISAMENTE QUANTI AMERICANI E QUANTI STRANIERI SE NON È CHIARA LA REGOLA CON CUI VIENE GESTITA L'ATTIVITÀ DEI BAGAGLI.

SE PER ESEMPIO LA GESTIONE DEI BAGAGLI È DI TIPO FIFO (FIRST IN FIRST OUT) USIRANNO 8 STATUNITENSIS E 2 STRANIERI AL MINUTO.



DOMANDA DI RICEVERE UN ORDINE DA 100 SCOOTER E PARTENDO DAL SISTEMA COMPLETAMENTE VUOTO TRANNE PER IL FATTO CHE HO I COMPONENTI DI PARTENZA. CALCOLARE IN QUANTO TEMPO RIESCO A SODDISFARE LA DOMANDA?

TEMPI DI USCITA:

1° SCOOTER: 32 min

2° SCOOTER: 32+13 min

3° SCOOTER: 32+13+13 min

100° SCOOTER: 32+99·13 min

SE ANCHE IL M'ASSEMBLAGGIO CI METTESSE 11 min, IL 2° 13 min E IL TERZO 8 min AVREI LO STESSO RISULTATO: 100° SCOOTER: 32+11·99+2·99 min (IL TEMPO NON CAMBIA)

$$\text{TEMPO DI USCITA DI X UNITÀ} = T_0 + \frac{X-1}{\text{FLOWRATE}}$$

PARTENDO DAL SISTEMA VUOTO

T_0 = TEMPO DI ATTRAVERSAMENTO DEL SISTEMA VUOTO (ROW PROCESS TIME)

IL FLOW RATE È LA CAPACITÀ DELLA RISORSA CHE NE HA MENO IN QUANTO IL SISTEMA È CAPACITY CONSTRAINED E LA FLOW UNIT È UNICA

POSSO APPROSSIMARE LA FORMULA PRECEDENTE CON $\frac{X}{\text{FLOWRATE}}$ QUANDO LA X È MOLTO GRANDE E IL TEMPO DEL PROCESSO SUFFICIENTEMENTE PICCOLO

IL TEMPO DI USCITA DIMINUISCE SE LA LINEA È BILANCIATA (ANCHE SENSA DIMINUIRE IL TEMPO TOTALE DELLA LINEA).

QUANTO MI COSTA PRODURRE UNO SCOOTER SE OGNI OPERATORE LO PAGO 12€/h?

$$\text{COSTO DEL LAVORO PER FLOW UNIT} = \frac{\text{TOTALE COSTO DEL LAVORO}}{\text{FLOW RATE}} \quad \text{COSTO DI UNO SCOOTER} = \frac{12 \cdot 35 \cdot 3}{125} = 10,08€$$

SE IL SISTEMA È BILANCIATO RIDUCO IL TEMPO IN CUI L'OPERATORE NON FA NULLA.

QUANTO MI COSTA L'ATTESA?

PER CALCOLARE IL COSTO DELL'ATTESA DEVO TROVARE UN MODO ROBUSTO CHE MI CALCOLI LE ATTESE E DEVO PASSARE DAL CYCLE TIME

$$\text{CYCLE TIME} \rightarrow \text{TEMPO DI ATTRAVERSAMENTO DEL SISTEMA DI UNA SINGOLA UNITÀ (WIP=1)} \quad CT = \frac{1}{\text{FLOWRATE}}$$

$$\text{TEMPO DI ATTESA SINGOLA RISORSA} = \text{CYCLE TIME} - \text{PROCESS TIME}$$

ANCHE IL COLLO DI BOTTIGLIA PUÒ AVERE DEI TEMPI DI ATTESA (DIMAND CONSTRAINED)

TUTTO QUESTO VALE SIA PER LINEE AUTOMATIZZATE CHE MANUALI TRANNE IL ROW PROCESS TIME CHE SE IL LAVORO È MANUALE VALE LA SOMMA DEI TEMPI DI OGNI STAZIONE SE INVECE È AUTOMATICA BISOGNA CONSIDERARE IL NASTRO TRASPORTATORE CHE SI MUOVERÀ ALLA VELOCITÀ DEL COLLO DI BOTTIGLIA (OGNI 13 min)

ROW PROCESS TIME = n° STAZIONI · TEMPO COLLO DI BOTTIGLIA (VALIDITÀ: PACED MACHINE)

L'UTILIZZO PUÒ ANCHE ESSERE DEFINITO COME LA PROBABILITÀ CHE LA RISORSA SIA ATTIVA.

VISTO CHE CI SONO DELLE INATTIVITÀ SI PUÒ DEFINIRE UN UTILIZZO ANCHE PER LA FORZA LAVORO (QUANTO "SERVITI" I MIEI OPERAI).

$$\frac{125}{750} = 0,176$$

$$\frac{125}{190} = 0,658$$

$$\frac{125}{282,5} = 0,476$$

$$\bar{U} = \frac{0,176 + 0,658 + 0,476}{3} = 63,7\%$$

ALL'UTILIZZO MEDIO POSSIAMO CAPIRE CHE LA LINEA È SBILANCIATA PERCHÉ CI SONO VALORI DEI SINGOLI UTILIZZI CHE SI SCOSTANO TROPPO DAL VALORE MEDIO. VORREMMO ARRIVARE IL PIÙ VICINO POSSIBILE AD AVERE I TEMPI DELLE 3 OPERAZIONI PARTE DI 10,67 min

TABLE 4.2 LIBRO (237 POF)

WORKER	TASKS	TASKS DURATION [SECONDI/UNITÀ]
WORKER 1		30
		25
		100
		66
		114
		49
		66
		100
		30
		43
		51
		118
		TOT 792
WORKER 2		110
		59
		33
		96
		135
		84
		56
		75
	TOTAL 648	
WORKER 3		95
		20
		43
		114
		84
	TOTAL 450	

① $792 - 118 - 51 = 623 \text{ sec}$ $CAP_1 = \frac{1}{623} \cdot 60 \cdot 35 \cdot 60 = 202,25 \text{ P/sett}$

② $648 + 118 + 51 = 817 + 75 + 56 + 84 = 1032 \text{ sec}$ $CAP_2 = \frac{1}{1032} \cdot 60 \cdot 60 \cdot 35 = 200,30 \text{ P/sett}$

③ $450 + 75 + 56 + 84 = 665 \text{ sec}$ $CAP_3 = \frac{1}{665} \cdot 60 \cdot 60 \cdot 35 = 189,47 \text{ P/sett}$

$$UT_1 = \frac{125}{202,25} = 0,618$$

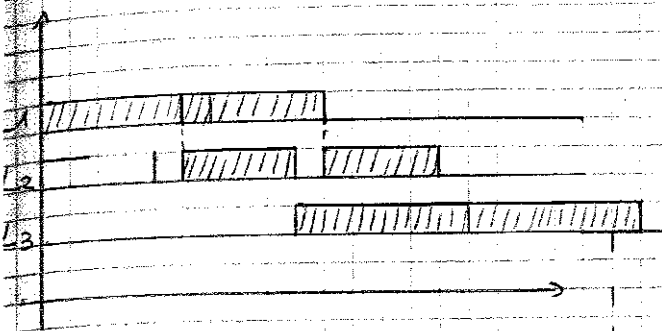
$$UT_2 = \frac{125}{209,30} = 0,597 \quad \bar{U} = \frac{61,8 + 59,7 + 66}{3} = 62,5\%$$

$$UT_3 = \frac{125}{189,45} = 0,660 \quad \text{COSTO V PARTE} = \frac{3 \cdot 35 \cdot 12}{125} = \frac{1260}{125} = 10,08 \text{ €}$$

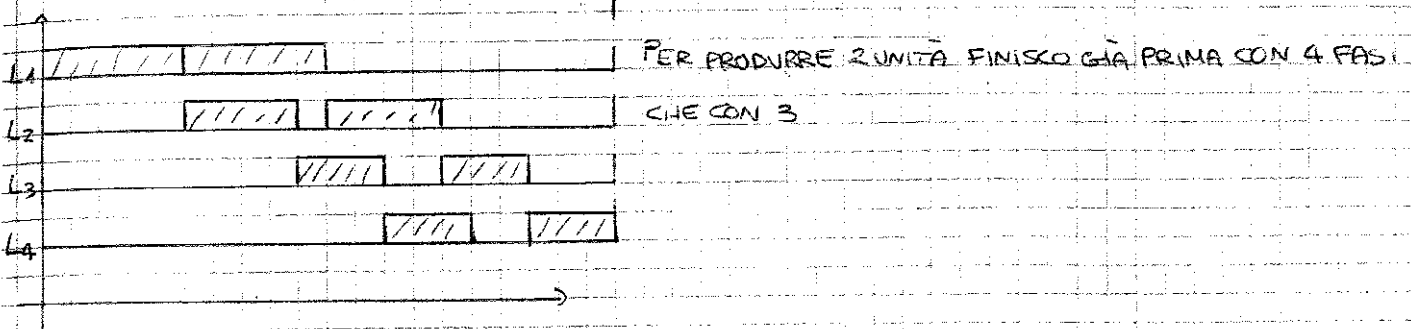
TOT SEC = 1890 ⇒ V LAVORATORE DOVREI AVERE 630 SEC QUINDI SI CERCA DI DISTRIBUIRE I TASKS PER AVERE IL PIÙ PASSIBILE ALLO STATO IDEALE.

INCREMENTARE I LAVORATORI IN SERIE (OVVERO METTERE MAGARI 4 FASI INVECE CHE 3) MI PERMETTE DI AUMENTARE LA CAPACITÀ DELLA LINEA (VARIAZIONE DELLA SUDDIVISIONE DEI COMATI)

SE HO 3 FASI



SE I LAVORATORI SONO 4 CON 4 FASI



IL PROBLEMA DI QUESTA SOLUZIONE È CHE È DIFFICILE DA GESTIRE PERCHÉ DEVO TROVAR IN QUANTE PARTI SUDDIVIDERE IL LAVORO E QUINDI QUANTI LAVORATORI MI SERVONO.

PIÙ IL TEMPO IN CUI IL PEZZO RIMANE A UN LAVORATORE (SPAN OF CONTROL), PIÙ È PICCOLO E PIÙ POSSO SPECIAZZARE IL MIO LAVORATORE E RIDURRE IL TEMPO DEI PROCESSI.

SE FISSASSI LO SPAN OF CONTROL POTREI DECIDERE IN QUANTE PARTI DIVIDERE LA LINEA. NEL CASO 2) IN CUI REPLICHO LA LINEA $\frac{700}{189} = 3,7$ LINEE, DEVO VALUTARE SE MI CONVIENE AVERE 4 LINEE E AVERE UN ECCESSO DI CAPACITÀ, OPPURE AVERE 3 LINEE E FAR FAR DEGLI STRAORDINARI AI LAVORATORI (QUESTO DIFENDE DAL TEMPO IN CUI HO LA DOMANDA COSÌ ALTA).

MI SAREBBERO SERVITE 3 O 4 LINEE ANCHE SE NON AVESSI BILANCIATO LA LINEA?

COME FACIO AD AUMENTARE LE RISORSE?

$$700 \text{ P/SETT} = \frac{\text{N° RISORSE}}{\text{PROCESS TIME (SETT)}}$$

RISORSE ATTIVITÀ_i = TEMPO DI PROCESSO ATTIVITÀ_i • CAPACITÀ RICHIESTA

$$\text{RISORSE}_1 = 3,66 \Rightarrow 4 \quad \text{RISORSE}_2 = 3,34 \Rightarrow 4 \quad \text{RISORSE}_3 = 3,69 \Rightarrow 4$$

CON LA LINEA SBILANCIATA QUANTE RISORSE AGGIUNGO?

PER TROVARE IL NUMERO DI ATTIVITÀ È PIÙ COMPLESSO (MI MANCANO I TEMPI DI PROCESSO PERCHÉ NON HO ANCORA SUDDIVISO IL LAVORO).

NUMERICO (FRESATRICI)

A B TEMPO SET-UP = 1h → TEMPO CHE CI METTO A CALIBRARE LA FRESA

1 2 PROCESS TIME A = 1min

1 SCOOTER: 1A E 2B PROCESS TIME B = 30 sec

1h SET-UP	A	1h SET-UP	B	B	2h + 2min = 122 min 3 PARTI
-----------	---	-----------	---	---	-----------------------------

1h	60A 60min	1h	120B 60min
----	--------------	----	---------------

ALL'AUMENTARE DELLA PRODUZIONE AUMENTA ANCHE LA CAPACITÀ, IL TEMPO DI SET-UP VIENE SUDDIVISO CON LE PARTI PRODOTTE, SE LE PARTI SONO TANTE. SE C'È SET-UP BISOGNA PRODURRE A BATCH (LOTTI), PIÙ ALTO È IL SET-UP E PIÙ GRANDE SARÀ IL LOTTO.

CAPACITÀ SENZA SET-UP: $CAPACITÀ_i = \frac{1}{PROCESS TIME}$ (SE LA RISORSA È UNA).

CON SETUP

PARTO A CALCOLARE IL PROCESS-TIME TOTALE:

$$PROCESS TIME_{TOT} = PROCESS TIME + \frac{E_s}{B} = \frac{B \cdot PROCESS TIME + E_s}{B}$$

E_s = TEMPO SET-UP B = QUANTE PARTI VOGLIO PRODURRE (NUMERO DI FLOW UNIT NEL LOTTO)

$$CAPACITÀ = \frac{1}{PROCESS TIME_{TOT}} = \frac{B}{B \cdot PROCESS TIME + E_s}$$

TEMPO SETUP

CAPACITÀ MINIMA (B=1) = $\frac{1}{PROCESS TIME + E_s}$

CAPACITÀ MASSIMA (B → ∞) = $\frac{1}{PROCESS TIME}$

COME FACCIAMO AD IDENTIFICARE LA FLOW-UNIT? SI HANNO CICLI DI PRODUZIONE NEL CASO DEL SET-UP

BATCH → NUMERO DI FLOW UNIT ALL'INTERNO DEL CICLO.

TEMPO DI SET-UP → TOTALE SUL CICLO DI PRODUZIONE

TEMPO DI PROCESSO → TEMPO DI SET-UP MOLTIPLICATO PER IL NUMERO DI PARTI CHE VOGLIO PRODURRE.

NEL CASO DEGLI SCOOTER È COMPOSTO DA 1 SET: 1A + 2B

IL TEMPO DI PROCESSO È IL TEMPO PER PRODURRE 1A E 2B, QUINDI 2min, QUINDI È IL TEMPO CHE MI SERVE PER PRODURRE UN SET.

$$4) \text{ COSTO } \forall \text{ PARTE} = \frac{\text{TOT COSTO LAVORO}}{\text{FLOW RATE}} = \frac{36 \text{ €/h} \cdot 5}{36 \text{ €/h}} = 5 \text{ €/p}$$

ESERCIZIO

RISORSA	PROCESS TIME	N° LAVORATORI	COSTO LAVORATORE = 10 €/h
1	10	2	
2	6	1	
3	16	3	

1) QUAL'È IL TEMPO NECESSARIO PER PRODURRE 100 UNITÀ PARTENDO DAL SISTEMA VUOTO?

2) QUAL'È IL LABOR CONTEN MEDIO?

3) UTILIZZO MEDIO DEI LAVORATORI

4) COSTO DEL LAVORO PER PARTE

$$1) \text{ CAP}_1 = \frac{2}{10} = 0,2 \quad \text{CAP}_2 = \frac{1}{6} = 0,166 \quad \text{CAP}_3 = \frac{3}{16} = 0,1875$$

$$\text{FLOW RATE} = 0,166$$

$$\text{TEMPO} = \frac{(10+6+16)}{0,166} + 100 = 628,39$$

DA FINIRE

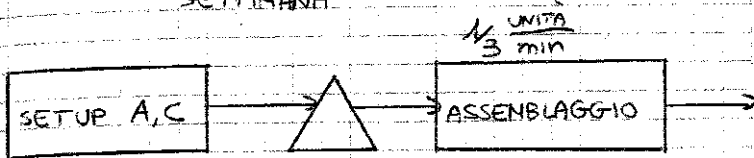
QUANTO RAPIDAMENTE

SE VOLESSI CALCOLARE UN COSTO DI MAGAZZINO DOVREI FARE UN INTEGRALE, PER EVITARE QUESTO SE IL MAGAZZINO PARTE DA VUOTO $I = \frac{B}{2}$, DOBBIAMO RAGIONARE SUL COSTO MEDIO E NON SUL COSTO MASSIMO.

SE INVECE DI PARTIRE DA ZERO PARTISSI DA B' ALLORA $\frac{B-B'}{2}$

ESEMPIO

DOMANDA = 700 SCOOTER
SETTIMANA



A = 1 min UNITÀ C = 0,5 min (30") UNITÀ SETUP = 1h

B = 200 FLOW UNIT

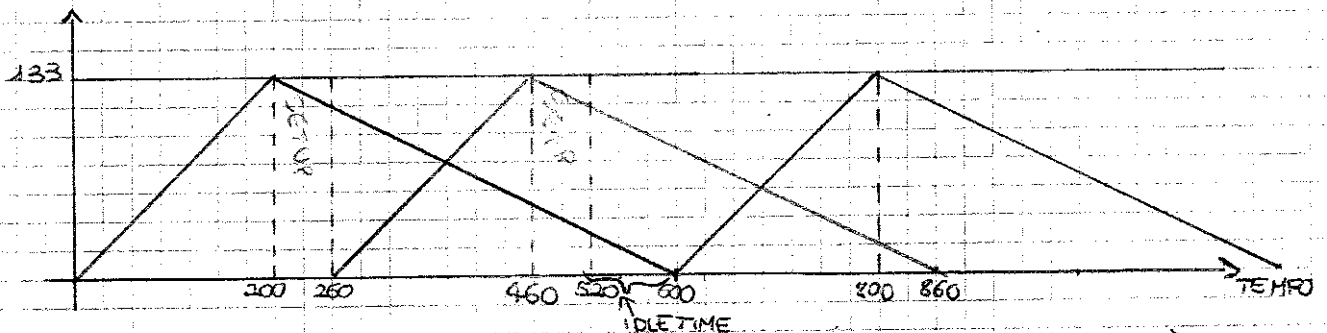
QUAL'È IL COLLO DI BOTTIGLIA?

$2h \text{ SETUP} + 200 \text{ min (A)} + 200 \text{ min (C)} = 520 \text{ min}$

$\text{CAPACITÀ} = \frac{200}{120 + 200 \cdot 2} = 0,38$

IL COLLO DI BOTTIGLIA È L'ASSEMBLAGGIO, QUINDI AVRÒ UN FLOWRATE = $\frac{1}{3}$ PEZZI/min

SIGNIFICA CHE DA OGNI ATTIVITÀ ENTRANO ED ESCONO $\frac{1}{3}$ PEZZI/min



MENTRE PRODUCO INIZIO ANCHE AD ASSEMBLARE

PER OGNI MINUTO $1 - \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$ UNITÀ SI ACCUMULANO IN MAGAZZINO

$\frac{2}{3} \cdot 200 = 133,33 \approx 133$ PEZZI DI A IN MAGAZZINO SE PRODUCO A BATCH DI 200

$\frac{\text{WIP}}{\text{FLOW RATE}} = \frac{133}{1/3} = 399 \text{ min} \approx 400 \text{ min}$ IDLE TIME = $600 - 520 = 80 \text{ min}$

AL MINUTO 500 IL MAGAZZINO DI A SI SVUOTA MA IL 520 min È IL PRODUCTION TIME.

DEVO RIPARTIRE DA 600° MINUTO PER REINIZIARE A PRODURRE A ANCHE SE POTREI

REINCOMINCIARE AL MIN 520 MA AVREI SEMPRE PIÙ ACCUMULO DI PEZZI DI A IN MAGAZZINO PERCHÉ

AL MINUTO 520 IL MAGAZZINO (PRECEDENTE) DI A NON È ANCORA VUOTO.

QUANDO LA RISORSA CON SET-UP NON È IL COLLO DI BOTTIGLIA, TANTO È PIÙ GRANDE LA CAPACITÀ

È TANTO PIÙ GRANDE SARÀ L'IDLE TIME (TEMPO IN CUI NON PRODUCCI, PUÒ ESSERE CONSIDERATO

COME UNO SPRECO ANCHE SE IN REALTÀ CON QUESTO TEMPO POTREI FARE MANUTENZIONE

AI MACCHINARI O ALTRE COSE).

INIZIO: SE FACCIAMO ZUPPE DI TIPO DIVERSO NON VOGLIO CHE I GUSTI SI MISCHINO, QUINDI HO UNA FASE DI LAVAGGIO (SETUP DI 30 MIN), IL SISTEMA È IN GRADO DI PRODURRE 300 L/h E QUESTA È LA CAPACITÀ DEL SISTEMA.

LA DOMANDA È 75 L/h DI A E 100 L/h DI B E IL SISTEMA È DIMANDATO COSTRAINED. COME DEVO FARE I BATCH?

$$\begin{matrix} 75A & \frac{75}{100} = \frac{3}{4} & 3A+4B = \text{BATCH} \\ 100B & & \end{matrix}$$

$$\text{PROCESS TIME} = \frac{1}{300} = 0,0033 \frac{h}{l} \quad \frac{\text{BATCH}}{\text{SETUP} + \text{BATCH} \cdot \text{PROCESS TIME}} = \text{FLOWRATE}$$

$$\text{BATCH} = \frac{\text{SETUP} \cdot \text{FLOWRATE}}{1 - \text{FLOWRATE} \cdot \text{PROCESS TIME}} = \frac{1 \cdot 175}{1 - \frac{175}{300}} = 420 \text{ L TOTALI}$$

$$\frac{420 \cdot 75}{175} = 180 \text{ A} \quad \frac{420 \cdot 100}{175} = 240 \text{ B}$$

INTRODUCIAMO ORA UNA TERZA TIPOLOGIA DI ZUPPA C CHE HA DOMANDA 30 L/h QUINDI IL FLOW RATE = 205 L/h

$$B_{\text{TOT}} = \frac{1,5 \cdot 205}{1 - \frac{205}{300}} = 971,05 \frac{l}{h}$$

$$B_A = \frac{75}{205} \cdot 971,05 = 355$$

$$B_B = \frac{100}{205} \cdot 971,05 = 474$$

$$B_C = \frac{30}{205} \cdot 971,05 = 142$$

L'AVVER AGGIUNTO C MI HA AUMENTATO IL FLOWRATE DI 30, QUINDI NON DI MOLTO, INVECE IL SETUP TOTALE È AUMENTATO DI MOLTO 0,5 h, QUINDI IL SETUP DI C NON PUÒ INFLUENZARE SOLO IL PRODOTTO C MA VA A GRAVARE ANCHE SUI PRODOTTI A E B IN CUI LA DOMANDA È PIÙ ALTA.

SE INVECE L'INTRODUZIONE DI C CON DOMANDA 30 L/h MI FACESSE DIMINUIRE LA DOMANDA DI A E B DOMA = 65 L/h DOMB = 80 L/h

$$B_{\text{TOT}} = \frac{1,5 \cdot 175}{1 - \frac{175}{300}} = 630$$

$$B_A = \frac{65}{175} \cdot 630 = 234$$

$$B_B = \frac{80}{175} \cdot 630 = 288$$

$$B_C = \frac{30}{175} \cdot 630 = 108$$

POSSO NOTARE CHE IL FLOW RATE RIMANE 175 MA CAMBIANO I BATCH

LA BUONA IDEA È DI UNIFICARE IL PIÙ POSSIBILE LA PRODUZIONE E DIVERSIFICARE IL PIÙ POSSIBILE IN GIÙ, CIÒÈ VICINO AL CONSUMATORE.

SOLITAMENTE, NELL'AMBITO DEL VESTIARIO, SI FANNO DELLE PRECOLLEZIONI NEI NEGOZI PER VEDERE SE LA GENTE COMPRE E QUALE COLORE VA DI PIÙ, QUESTO PER POTER DIVERSIFICARE IL PIÙ POSSIBILE VICINO AL CLIENTE.

... (BIANCHI) E PUI LI DIPINGE, QUINDI

LA COTTURA, MENTRE SE HO PIÙ VASSOI (PICCOLO INVESTIMENTO) POSSO PREPARARE TUTTI I VASSOI E APPENA NE ESCE UNO DAL FORNO ME POSSO METTERE SUBITO UN ALTRO.

NEL VERO CASO KRISTEN COOKIES NON CONVIENE MA GENERALMENTE SÌ.

DEVO CHIEDERMICI SE UNA CERTA ATTIVITÀ È IL COLLO DI BOTTIGLIA, SE LO È ALLORA HA SENSO FARE INVESTIMENTI PER TRASFORMARE SETUP INTERNI IN ESTERNI, SE NON LO È NON MI CONVIENE INVESTIRE. IL TUTTO DIPENDE DAL TRADE OFF.

CI POSSONO ESSERE CIRCOSTANZE IN CUI ABBIAMO UN VERO E PROPRIO COSTO DI SETUP, QUESTO COSTO C'È SOLO QUANDO QUELL' ATTIVITÀ È COLLO DI BOTTIGLIA. IL COSTO DI SETUP È LEGATO A QUANTA PRODUTTIVITÀ MI FA PERDERE, QUINDI SE NON È IL COLLO DI BOTTIGLIA IL COSTO È PARI A ZERO.

PER ALCUNI MACCHINARI QUANDO LI SPENGO ALLA LORO RIACCENSIONE TUTTO CIÒ CHE PRODUCO IN UNA FASE INIZIALE LO DEVO BUTTARE PERCHÉ GLI OGGETTI CHE PRODU SONO DI SCARSA QUALITÀ.

QUANDO IO TRASPORTO DALLA FABBRICA AL NEGOZIO, HO DEI COSTI FISSI DI TRASPORTO, QUINDI DEVO TRASPORTARE IL PIÙ POSSIBILE CONTEMPORANEAMENTE PERCHÉ IL COSTO DEL CAMION NON DIPENDE DALLA QUANTITÀ TRASPORTATA MA È UNA SPECIE DI APPETTO IO NON POSSO DARE UN COSTO AL TEMPO MA DEVO PRIMA VEDERE SE IMPATTA SULLA CAPACITÀ. QUANTO PIÙ SPESSO FACCIO IL SETUP, PIÙ AUMENTO I COSTI DI SETUP, MA SE NE FACCIO MENO, AVRÒ MENO COSTI DI SETUP MA PIÙ COSTI DI MAGAZZINO.

SE I PROBLEMI SONO I COSTI E NON I TEMPI. SIGNIFICA CHE LA CAPACITÀ NON È VINCOLANTE MA DIPENDE DALLA DOMANDA, QUINDI NON GUARDO PIÙ LA CAPACITÀ MA MI CONCENTRO SUI COSTI.

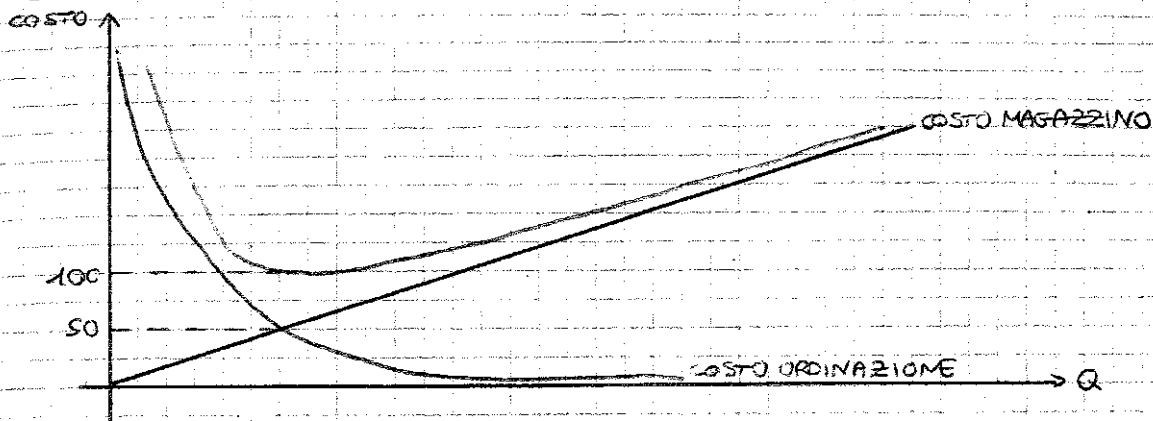
IL LOTTO ECONOMICO (ECONOMIC ORDER QUANTITY) È QUELLO CHE CI FA AVERE I COSTI PIÙ BASSI. SE ACQUISTO DALL' ESTERNO OGNI VOLTA PAGO UN COSTO DI RIORDINO, SE INVECE PRODUCO HO UN COSTO DI SETUP. LA DIFFERENZA È CHE SE COMRO DALL' ESTERNO POSSO CONSIDERARE CAPACITÀ INFINITA, SE INVECE PRODUCO IO DEVO FARE UN' ANALISI PER CAPIRE SE LA MIA CAPACITÀ È VINCOLANTE O NO.

LA CAPACITÀ NON È UN PROBLEMA DI TEMPO, AVERE CAPACITÀ INFINITA SIGNIFICA CHE HO CAPACITÀ SOVRABBONDANTE NON CHE I TEMPI SONO NULLI, QUINDI MI POSSO PERMETTERE IL LUSSO DI CONSIDERARE OGNI PRODOTTO INDIPENDENTE DAGL' ALTRI, QUINDI TRATTERO I BATCH DI OGNI PRODOTTO INDIPENDENTEMENTE DALL' ALTRO PERCHÉ SO CHE QUESTO NON MI VINCOLA LA CAPACITÀ. LA CAPACITÀ INFINITA MI PERMETTE DI TRATTARE UN PRODOTTO ALLA VOLTA.

ASSUNZIONI

- CAPACITÀ INFINITA, QUINDI NON HO TEMPI DI SETUP MA COSTI, ASSUMO TEMPI TENDENTI A ZERO. SE IL MIO FORNITORE DI DIVANI E POLTRONE HA TEMPI NULLI IO POSSO ORDINARE IL GIORNO PER IL GIORNO STESSO.

IO VOGLIO PRENDERE DUE DECISIONI: QUANDO E QUANTO ORDINO.



$$C_{TOT} = h \frac{Q}{2} + K \frac{R}{Q} \quad \frac{\partial C_{TOT}(Q)}{\partial Q} = \frac{h}{2} - \frac{KR}{Q^2} = 0 \quad Q^2 = \frac{2KR}{h} \quad Q = \sqrt{\frac{2KR}{h}} = EOQ$$

$$C_{TOT}(Q^*) = C_I(Q^*) + C_O(Q^*)$$

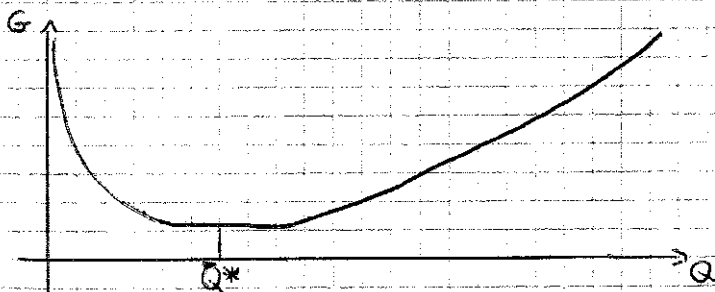
SE AUMENTA R AUMENTA ANCHE Q AL PARI DI TUTTO IL RESTO, SE AUMENTA h DIMINUISCE Q MENTRE SE AUMENTA K AUMENTA Q.

L'OTTIMO SI HA NEL PUNTO IN CUI LE DUE CURVE SI INCROCIANO, IL COSTO OTTIMO SARÀ IL DOPPIO DEL COSTO DI RIORDINO E DEL COSTO DI MAGAZZINO IN CUI SI INCONTRANO.

$$C_{TOT}(Q^*) = h \frac{Q^*}{2} + \frac{KR}{Q^*} \quad Q^* = \sqrt{\frac{2KR}{h}} \quad C_{TOT}(Q^*) = \sqrt{2KRh} = \frac{h}{2} \sqrt{\frac{2KR}{h}} = \sqrt{\frac{h^2 2KR}{4h}} = \sqrt{\frac{hKR}{2}}$$

$C_{TOT}(Q^*)$ È IL COSTO TOTALE CON L'ESCLUSIONE DEL COSTO D'ACQUISTO.

$$C_{TOT}(Q^*) = \sqrt{2KRh} + C \cdot R$$



LA CURVA DEI COSTI TOTALI È PIATTA NEL DINTORNI DELL'OTTIMO, QUINDI ANCHE SE MI SPOSTO UN PÒ A DESTRA O A SINISTRA MI DÀ UN CAMBIAMENTO MINIMO DI COSTO:

LA CAUSA DELLO SCOSTAMENTO PUÒ ESSERE CHE IL FORNITORE NON MI VENDE LA QUANTITÀ PRECISA CHE IO RICHIEDO.

$$C_{TOT}(Q^*) = \sqrt{2KRh} \quad C_{TOT}(Q') = h \frac{Q'}{2} + \frac{KR}{Q'}$$

$$\frac{C_{TOT}(Q')}{C_{TOT}(Q^*)} = \frac{h \frac{Q'}{2} \cdot \frac{KR}{Q'}}{\sqrt{2KRh}} = \frac{h \frac{Q'}{2}}{\sqrt{2KRh}} + \frac{KR}{Q' \sqrt{2KRh}} = \frac{Q'}{2} \sqrt{\frac{h}{2KR}} + \frac{1}{Q' \sqrt{2hKR}}$$

$$\frac{Q'}{2Q^*} + \frac{1}{Q'} \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{KR}{2h}} = \frac{Q'}{2Q^*} + \frac{1}{2Q'} \cdot Q^* = \frac{1}{2} \left(\frac{Q'}{Q^*} + \frac{Q^*}{Q'} \right)$$

SE $Q' = 2Q^* \quad \frac{1}{2} \left(\frac{2}{1} \right) = \frac{5}{4} = 1,25 \quad \frac{C_{TOT}(Q')}{C_{TOT}(Q^*)} = 1,25$ IN QUESTO CASO HO SBAGLIATO DEL 25%

SE RIESCO A TROVARE R IL PROBLEMA È COMunque TROVARE h e K CHE CI DOBBIAMO RILAVARE

SE IL PROBLEMA SIANO I COSTI È CHIARO, FORTUNATAMENTE IL LOTTO ECONOMICO È UN METODO ROBUSTO NELLA GESTIONE DELLE SCORTE PERCHÉ SE ORDINO UNA QUANTITÀ VICINA A QUELLA OTTIMA IL COSTO AUMENTA IN MODO MINIMO.

SE SBAGLIO LE QUANTITÀ DA ORDINARE DEL 100% IL COSTO MI AUMENTA DEL 25% CHE È TANTO MA DEVO SBAGLIARE DEL 100% CHE È IMPROBABILE.

CI POSSONO ESSERE DEI VINCOLI CHE CI OBBLIGANO A NON STARE IN Q^* E A VOLTE PUÒ CAPITARE CHE NEMMENO IO SO DOVE MI TROVO.

MOLTE AZIENDE, NON SOLO, NON SANNO LA DOMANDA FUTURA MA NON SANNO NEMMENO QUELLA PASSATA PERCHÉ SI TIENE CONTO SOLO DELLE VENDITE CHE NON COINCIDONO CON LA DOMANDA (PER ESEMPIO SE UNA PERSONA ENTRA IN UN NEGOZIO E VUOLE UNA MAGLIA BLU MA C'È SOLO QUELLA ROSSA, QUESTA PERSONA NON COMPRA NULLA ED ESCI DAL NEGOZIO, QUESTO È UN DATO DI DOMANDA CHE NON VIENE REGISTRATO).

IL COSTO DI RIORDINO O DI SETUP NON DIPENDE DALLA QUANTITÀ DI RIORDINO O DI SETUP IO MI ASPETTO CHE IL COSTO CRESCA LINEARMENTE CON IL NUMERO DI ORDINI.

PER ESEMPIO: DI COMPUTER PER FARE GLI ORDINI NE HO BISOGNO UNO SOLO, QUESTO È UN COSTO FISSO O AL MASSIMO SEMIVARIABILE, ORA SUPPOMIAMO CHE IL COMPUTER HA UN LIMIT DI 100 ORDINI/MESE E IO PER QUESTO MESE NE DEVO FARE 120, DEVO COMPRARE UN ALTRO COMPUTER MA SE POI LA DOMANDA RISCENDE SOTTO I 100 COSA ME FACCIU DEL SECONDO COMPUTER CHE HO COMPRATO? TUTTE QUESTE TIPOLOGIE DI COSTI RIENTRANO NEL COSTO TOTALE MA DEVO CAPIRE COME E DOVE CONSIDERARLI.

NELLE AZIENDE I COSTI DI SETUP VENGONO DETERMINATI A SPANNE E POI VENGONO APPLICATE LE FORMULE MA I NUMERI CHE OTTENGO DAI CALCOLI SE VA BENE SONO VICINI ALLA REALTÀ MA IO NON SO QUAL'È IL NUMERO GIUSTO PERCHÉ NEI LIBRI CONTABILI C'È TUTTO MA IO NON SO COME AGGREGARE I COSTI.

COME POSSO DIRE CHE I MIEI COSTI NON SONO VERI SE NON SO IL NUMERO VERO?

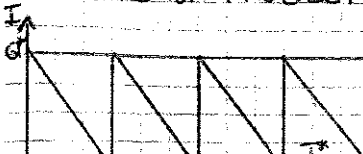
POSSO DIRLO PERCHÉ SUI LIBRI CONTABILI I COSTI SONO VERI MA IO NON SO AGGREGARLI, ESISTE UN MODELLO IDEALE MA È IMPOSSIBILE ARRIVARCI, PERÒ ALMENO HO LA TRANQUILLITÀ CHE SE ANCHE MI SBAGLIO I MIEI COSTI NON AUMENTANO COMUNQUE DI TROPPO E LA MIA AZIENDA NON FALLISCE.

CARATTERISTICHE LOTTO ECONOMICO

- LA DOMANDA È DETERMINISTICA, STAZIONARIA E CONTINUA (IMMAGINO CHE NON CI SIANO IMPENNATE NELLA DOMANDA).

LA DOMANDA È DISCRETA QUANDO GLI ORDINI SONO MOLTO GRANDI RISPETTO ALL'AGGREGATO

RISOLVO UN PROBLEMA MULTI-PERIODALE (LO RISOLVO A SOLA VOLTA IN TUTTO L'ANNO)



$$Q^* = \sqrt{\frac{2KR}{A}} \quad T^* = \frac{Q}{R}$$

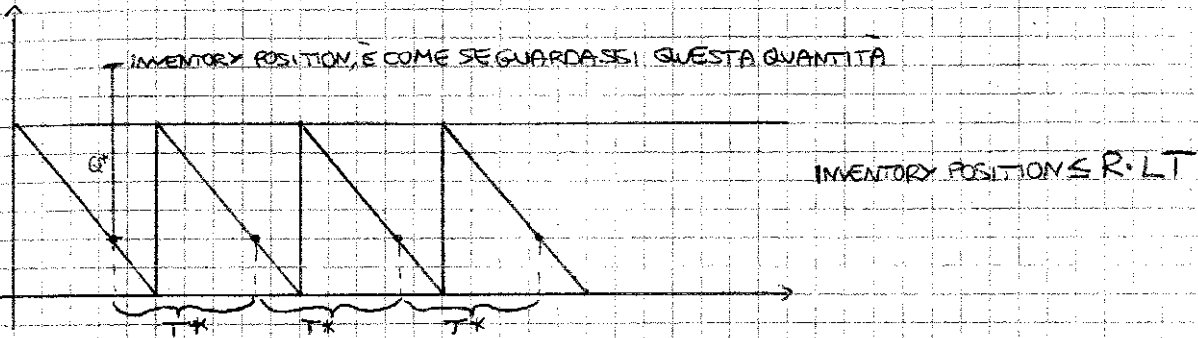
QUESTO DATO SI CHIAMA R $R = \frac{K \cdot LT}{T}$ DEMANDA
 QUESTA FORMULA VALE PER IL CONTINUOUS REVIEW IN CUI IL MAGAZZINO VIENE CONTROLLATO IN MODO CONTINUO (IL LOTTO ECONOMICO È UN CONTINUOUS REVIEW).

CON IL PERIODIC REVIEW IL MAGAZZINO VIENE CONTROLLATO PERIODICAMENTE (IL PERIODO LO DECIDO IO).

COSA CAMBIA SE GUARDO I MAGAZZINI IN MODO PERIODICO?

BISOGNA DIRE ALL'OPERATORE DI MAGAZZINO DI GUARDARE L'INVENTORY POSITION CHE È UN MAGAZZINO VIRTUALE.

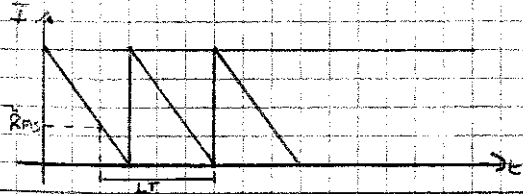
FACIAMO FINTA DI NON AVERE ORDINI E VASI E $Q^* = 30$, IN MAGAZZINO NE HO 13, $30 + 13 = 43 > 15$ QUINDI NON ORDINO



L'INVENTORY POSITION È L'INSIEME DI MAGAZZINO FISICO (MAGAZZINO ON HAND), ORDINI GIÀ EMESSI (ON ORDER) MENO LA MERCE CHE È GIÀ STATA PRENOTATA (BACK ORDER)

$INVENTORY POSITION = ON HAND + ON ORDER - BACKORDER$ QUESTO VALE PER $T^* \geq LT$

COSA SUCCEDDE SE $LT > T^*$? NON CAMBIA PRESSOCHÉ NULLA SOLO CHE DEVO ORDINARE PRIMA CHE IL MAGAZZINO VADA A ZERO PERÒ NEL CICLO PRECEDENTE.



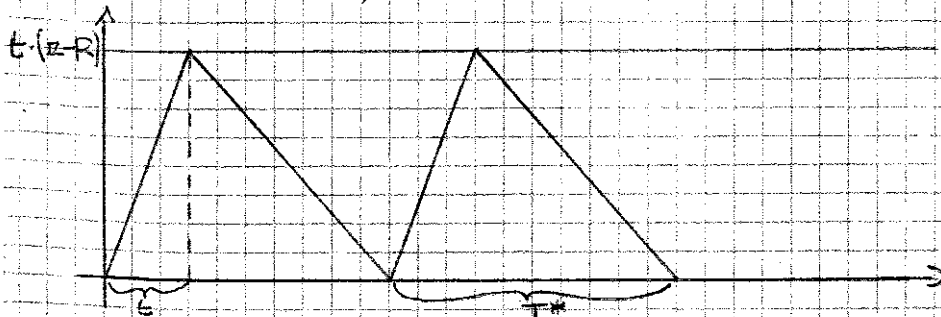
SE VOGLIO CALCOLARE LA QUANTITÀ IN CUI IL MIO OPERATORE DEVE ORDINARE DEVO CALCOLARE R_{eis}

$$R_{eis} = R \cdot (LT - nT^*) = R \left(LT - \left\lfloor \frac{LT}{T^*} \right\rfloor T^* \right)$$

RILASSAMENTO DELL'IPOTESI IN CUI I PEZZI VANNO TUTTI INSIEME IN MAGAZZINO

RITORNIAMO AD AVERE UN LEAD TIME = 0.

SE PRODUCO 100 PEZZI, QUESTI NON VANNO IN MAGAZZINO TUTTI INSIEME MA POCO PER VOLTA.



NON SONO PIÙ TRIANGOLI RETTANGOLI MA SONO SEMPRE UGUALI TRA LORO

L'ISTANTE TRA DUE ORDINI È SEMPRE UGUALE (T^*) MA POSSO VEDERLO DIVISO IN 2 PARTI, UNA IN CUI PRODUCO E CONSUMO E UNA IN CUI CONSUMO SOLO. (C'È UN ACCUMULO GRADUALE DEL MAGAZZINO)

NELLA PRIMA PARTE PRODUCO z (CAPACITÀ) E CONSUMO R (DOMANDA)

IN MAGAZZINO RIMANGONO $z - R$ PEZZI $E = \frac{Q}{z}$

$Q_{TOT OTTIMO} = \sqrt{2KR_2h_2} = 400$ $COSTO_{TOT OTTIMO} = \sqrt{2KR_2h_2} = 533€$
 $COSTO_{TOT} = 400 + 533 = 933€$ QUESTO COSTO TOTALE CE L'AVREI LAVORANDO CON I DUE ITEM SEPARATAMENTE E QUESTO È SBAGLIATO PERCHÉ CONSIDEREREI 7 ORDINI (IL 1° GENNAIO DUE ORDINI DIVISI, UNO PER A E UNO PER B) INVECE DI 6.

POSSO FAR COINCIDERE GLI ORDINI DI A CON I B? SÌ E ABBATTO IL COSTO DI RIORDINO, INOLTRE SE NON APPLICO PIÙ LE QUANTITÀ INIZIALI ABBATTO ANCHE I COSTI DI MAGAZZINO, PERÒ SE ORDINO LE STESSA QUANTITÀ INIZIALI IL COSTO DI MAGAZZINO NON DIMINUISCE.

$COSTO ORDINAZIONE = \frac{800}{2} = \frac{800}{3} = 266,7€$ SE FACCI 4 ORDINI DI A ORDINEREBI $\frac{400 \cdot 3}{4} = 300$

$COSTO MAGAZZINO = \frac{R_a}{2} \cdot 300 + \frac{R_b}{2} \cdot 900 = 416,67€ / MESE$

PERÒ SE IO CAMBIO LE Q^* INIZIALI NON SONO PIÙ SICURI DI ESSERE ALL'OTTIMO. BISOGNA RAGIONARE CON IL BUNDLE (SERIE DI PRODOTTI, UN PO' DI A E UN PO' DI B, UN MIX) NON ORDINO PIÙ A E B SEPARATAMENTE MA ORDINO UN MIX.

NEL NOSTRO BUNDLE DOVRÒ METTERE 1 A + 3 B
 $R_{BUNDLE} = 800€$ $R_{BUNDLE} = 1 \cdot 1 + \frac{16}{27} \cdot 3 = 2,78€ / BUNDLE \cdot MESE$ $R_{PROVILE} = 100 BUNDLE / MESE$

$Q_{BUNDLE}^* = \sqrt{\frac{2K_{BUNDLE} \cdot R_{BUNDLE}}{R_{BUNDLE}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 800 \cdot 100}{2,78}} = 239,90 \Rightarrow 240 BUNDLE (240A + 720B OGNI ORDINE)$

FACCI PIÙ ORDINI MA ABBATTO I COSTI DI MAGAZZINO. PERCHÉ DEI PRODOTTI POSSONO ESSERE PORTATI A INTERAGIRE? PERCHÉ SI DIMINUISCONO I COSTI. IL FORNITORE CI PUÒ PORTARE TUTTO QUELLO CHE VOGLIAMO E NEL MIX CHE VOGLIAMO, QUINDI A LIVELLO DI COSTI CI CONVIENE FAR INTERAGIRE I DUE PRODOTTI.

SE MANTENGO LE QUANTITÀ INIZIALI IL COSTO DI MAGAZZINO AUMENTA PERCHÉ QUANDO ARRIVA IL NUOVO ORDINE HO ANCORA QUALCOSA IN MAGAZZINO, ME ME ACCORGO SE GUARDO L'EFFETTO BORDO, IN OGNI CICLO AVREI UN COSTO DI CICLO DI MAGAZZINO DIVERSO, SEMPRE PIÙ GRANDE, MA NON CAMBIARE LE QUANTITÀ INIZIALI NON HA SENSO.

CI ACCORGIAMO CHE ORDINANDO INSIEME A E B NELLE GIUSTE QUANTITÀ CI FA ULTERIORMENTE RISPARMIARE, ALLORA LAVORO IN BUNDLE, LA DOMANDA DI BUNDLE È QUELLA DELL'ITEM CHE ENTRA IN NUMERO MINORE NELL'ITEM (NEL NOSTRO CASO $R_{BUNDLE} = R_a$).

MI CALCOLO Q_{BUNDLE}^* E VOTO CHE DIMINUISCONO SIA GLI A CHE I B CHE DEVO ORDINARE; MI POSSO PERMETTERE DI FARE PIÙ ORDINI (5 ORDINI), FACENDO PIÙ ORDINI DIMINUISCO I COSTI DI MAGAZZINO E ANCHE SE FACCI UN ORDINE IN PIÙ DIMINUISCO COMUNGUE I COSTI TOTALI.

$COSTO_{BUNDLE} = \sqrt{2KR} = \sqrt{2 \cdot 800 \cdot 2,78 \cdot 100} = 667€$

ESERCIZIO

LAZIENDA DISTRIBUISCE LATTINE DI BIRRA CON DOMANDA $R = 100$ CONFEZIONI/SETTIMANA, LAZIENDA SI RIFORMISCE DALL'ESTERNO E OGNI CONFEZIONE CI COSTA 8€, ATTUALMENTE EMETTE ORDINI OGNI 2 SETTIMANE ($T = 2$ SETTIMANE), $h\% = 25\%$ ANNUO. IL FORNITORE CI FA PAGARE UN COSTO FISSO DI GESTIONE PRATICA DI 10€ OGNI VOLTA CHE ORDINIAMO ($K = 10€$)

1) È OTTIMA LA NOSTRA POLITICA DI RIORDINO? SE SÌ PERCHÉ? ALTRIMENTI QUAL'È LA POLITICA OTTIMA?

2) QUAL'È IL COSTO TOTALE DI MAGAZZINO ALL'OTTIMO (ANNUALE)?

3) QUAL'È L'INVENTORY TURNS (ANNUALE)?

4) SUPPONIAMO CHE IL NOSTRO FORNITORE CI FA IL 5% DI SCONTO SUL COSTO DELLA CONFEZIONE DI BIRRA SE NON NE ORDINIAMO ALMENO 600 CONFEZIONI. QUANTO ORDINIAMO?

$$1) Q^* = \sqrt{\frac{2KR}{h}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 50}{0,25 \cdot 8}} = 223,6 \Rightarrow 224 \quad T^* = \frac{Q}{R} = \frac{224}{100} = 2,24 \text{ SETTIMANE}$$

$$T^* = \sqrt{\frac{2K}{Rh}}$$

LA POLITICA DI RIORDINO NON È OTTIMA PERCHÉ DOVREI ORDINARE OGNI PIÙ DI 2 SETTIMANE E NON OGNI 2 SETTIMANE PRECISE.

$$2) C_{MAG} = \frac{Q^*}{2} \cdot h \cdot \frac{1}{100} = \frac{224}{2} \cdot 0,25 \cdot 8 \cdot \frac{1}{100} = 22,4 \text{ €/ANNO CONFE}$$

$$3) IT = \frac{R}{Q/2} \cdot 50 = 44,64$$

4) SICCOME IL MIO Q^* È 224 AL MASSIMO SAREI INTERESSATO A ORDINARE 600 E NON DI PIÙ PER OTTENERE LO SCONTO, ALLORA CALCOLO IL COSTO TOTALE PER VEDERE COSA MI CONVIENE FARE.

$$C_{\text{COSTO TOT EQ}} = \sqrt{2KRh} + R \cdot c = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 50 \cdot 0,25 \cdot 8} + 100 \cdot 50 \cdot 8 = 40447 \text{ €/ANNO}$$

$$C_{\text{COSTO TOT 600}} = K \cdot \frac{R \cdot 50}{600} + \frac{600}{2} \cdot h + R \cdot c \cdot 50 \cdot (1 - 0,05) = 38683 \text{ €/ANNO}$$

MI CONVIENE USUFRUIRE DELLO SCONTO PERCHÉ I COSTI TOTALI SONO INFERIORI.

FINO ADESSO ABBIAMO VISTO IL CASO DI "FINTA" ITERAZIONE TRA I PRODOTTI PERCHÉ L'UNICO MOTIVO DI ITERAZIONE ERANO I COSTI.

QUANDO C'È VERA ITERAZIONE È SEMPRE A CAUSA DELLA CAPACITÀ, PER ESEMPIO SE NELL'UNITÀ DI TEMPO MI ARRIVANO PIÙ ORDINI NON RIESCO A GESTIRLI (NON RIESCO A SCARICARE O TRASPORTARE IL MATERIALE).

IL LOTTO ECONOMICO NON SI PREOCCUPA DI QUESTA SITUAZIONE PERCHÉ USA IL COSTO (K SE IL COSTO È ALTO ORDINERÒ TANTO MA POCHE VOLTE, SE INVECE IL COSTO È BASSO ORDINERÒ PIÙ VOLTE MA QUANTITÀ INFERIORI).

SUPPONIAMO CHE NELLA NOSTRA AZIENDA VENGANO GESTITI PIÙ PRODOTTI E C'È UN LIMITE DI ORDINI CHE POSSO GESTIRE NELL'UNITÀ DI TEMPO (F)

PER INCREMENTARE O RIDURRE λ POSSO USARE IL METODO DI BISEZIONE.

IN ALTERNATIVA DEVO RISOLVERE IL SISTEMA

$$\left\{ \begin{aligned} \sum_i \left(\frac{R_i}{\sqrt{2\lambda R_i h_i}} \right) &= F \\ Q_i &= \sqrt{\frac{2\lambda R_i}{h_i}} \end{aligned} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} \frac{1}{2\lambda} \sum_i \sqrt{R_i h_i} &= F \\ \parallel \end{aligned} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} \lambda &= \frac{1}{2F} \sum_i \sqrt{R_i h_i} \\ Q_i &= \sqrt{\frac{1}{F} \sum_i \sqrt{R_i h_i} \cdot R_i} \end{aligned} \right.$$

NEL CASO FATTO PRIMA, IL VINCOLO (RAGIONANDO) POTEVA ESSERE CONSIDERATO DI UGUAGLIANZA MENTRE IN ALTRI CASI, I VINCOLI SONO DI STRETTA.

RILASSAMENTO DELL'IPOTESI DEI COSTI LINEARI (COSTI NON LINEARI)

IMMAGINIAMO I COSTI DI ACQUISTO O COSTI DI RIORDINO NON LINEARI, DIPENDE DAGLI SCONTI O A SECONDA DI UNA CERTA QUANTITÀ CHE VOGLIO ORDINARE HO UN CERTO SCONTO.

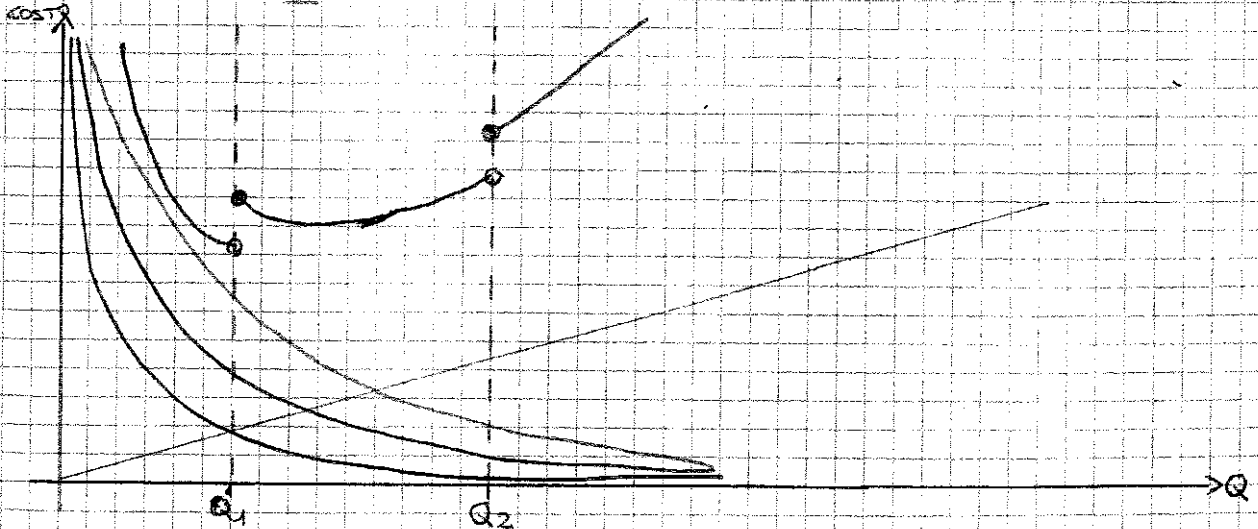
IN QUESTO CASO NON POSSO AVERE UNA SOLUZIONE IN FORMA CHIUSA. IN REALTÀ LA FUNZIONE DI COSTO AVRÀ DELLE DISCONTINUITÀ (PUNTI DI SEPARAZIONE), POSSO TROVARE IL MINIMO DI OGNI FUNZIONE NEL SUO INTERVALLO E SCEGLIERE IL PIÙ BASSO (È LUNGO PERCHÉ PIÙ INTERVALLI DISCONTINUI HO E PIÙ CALCOLI DEVO FARE, PERO' ALMENO RIESCO A CALCOLARE L'OTTIMO).

COSA SUCCEDDE SE HO DEI COSTI CHE VARIANO PER IL RIORDINO?

Se: $Q < Q_1$ PAGO K_1

$Q_1 \leq Q < Q_2$ PAGO K_2 $K_1 < K_2 < K_3$

$Q \geq Q_2$ PAGO K_3



$OPT(K_1) = Q_1 - 1$ $OPT(K_2) = EQQ(K_2)$ $OPT(K_3) = Q_2$

C'È UNA VIA LUNGA IN CUI CALCOLIAMO EQQ PER OGNI CURVA, SE RISPETTANO IL VINCOLO SULLE QUANTITÀ CI CALCOLIAMO I COSTI E SI PRENDE IL MINIMO.

SE QUALCHE LOTTO ECONOMICO (EQQ) NON È AMMISSIBILE MI SPUNTO IN UNO DEI DUE ESTREMI.

$EQQ_1 > Q_1 \Rightarrow Q_1 - 1$ EQQ_2 AMMISSIBILE $EQQ_3 < Q_2$ NON CONVENIENTE $\Rightarrow Q_2$

SE SONO TRA Q_1 E Q_2 NON POSSO CALCOLARE LA QUANTITÀ USANDO UN COSTO:

$K \cdot \frac{R}{Q} + \frac{1}{2} h_2 Q + C_2 \cdot R$, LA MIA FUNZIONE DI COSTO SARÀ:

$$C_{TOT} = K \frac{R}{Q} + \frac{1}{2} h_1 Q_1 + \frac{1}{2} h_2 (Q - Q_1) + \tilde{c} \cdot R$$

$$\tilde{c} = \frac{C_1 Q_1 + C_2 (Q - Q_1)}{Q}$$

ESERCIZIO

$R = 10000$ UNITÀ/SETTIMANA $K = 500$ € $h\%$ (SETTIMANALE) = 1%

SE: $Q < 10000 \Rightarrow C_1 = 4$ €/UNITÀ

$10000 \leq Q < 50000 \Rightarrow C_2 = 3,75$ €/UNITÀ

$Q \geq 50000 \Rightarrow C_3 = 3,5$ €/UNITÀ

QUANTO ORDINIAMO?

- ALL UNIT DISCOUNT

$$EOQ_1 = \sqrt{\frac{2KR}{C_1 \cdot h\%}} = 5000 \text{ AMMISSIBILE} \quad C_{TOT1} = \sqrt{2 \cdot 500 \cdot 10000 \cdot 4 \cdot 0,01} + 4 \cdot 10000 = 42000 \text{ €/SETT}$$

$$EOQ_2 = \sqrt{\frac{2KR}{C_2 \cdot h\%}} = 5154 \text{ NON AMMISSIBILE} \quad C_{TOT2} = 500 \cdot \frac{10000}{10000} + \frac{1}{2} \cdot 0,01 \cdot 3,75 \cdot 10000 + 3,75 \cdot 10000 = 39875 \text{ €/SETT}$$

$$EOQ_3 = \sqrt{\frac{2KR}{C_3 \cdot h\%}} = 5345 \text{ NON AMMISSIBILE} \quad C_{TOT3} = 500 \cdot \frac{10000}{50000} + \frac{1}{2} \cdot 0,01 \cdot 3,5 \cdot 50000 + 3,5 \cdot 10000 = 43850 \text{ €/SETT}$$

IL COSTO PIÙ BASSO È C_2 , QUINDI MI CONVIENE ORDINARE 10.000

- SCONTO INCREMENTALE

- TRA Q_1 E Q_2

$$C_{TOT} = 500 \cdot \frac{10000}{Q} + \frac{1}{2} \cdot (4 \cdot 0,01) \cdot 10000 + \frac{1}{2} \cdot (3,75 \cdot 0,01) \cdot (Q - 10000) + 4 \cdot \frac{10000}{Q} + 3,75 \cdot \frac{(Q - 10000)}{Q} \cdot 10000$$

$$\frac{\partial C_{TOT}}{\partial Q} = 0 \quad C_{TOT} = \frac{500000}{Q} + 200 + 0,01875Q - 187,5 + \frac{40000 + 3,75Q - 37500}{Q} \cdot 10000$$

$$C_{TOT} = \frac{500000}{Q} + 200 + 0,01875Q - 187,5 + \frac{40000000 + 3750Q - 37500000}{Q}$$

$$\frac{\partial C_{TOT}}{\partial Q} = \frac{-500000}{Q^2} + 0,01875 + \frac{3750Q - 3750Q - 2500000}{Q^2} = 0$$

$$\frac{-5000000 + 0,01875Q^2}{Q^2}$$

$$Q^2 = \frac{5000000}{0,01875} = 267160493,83$$

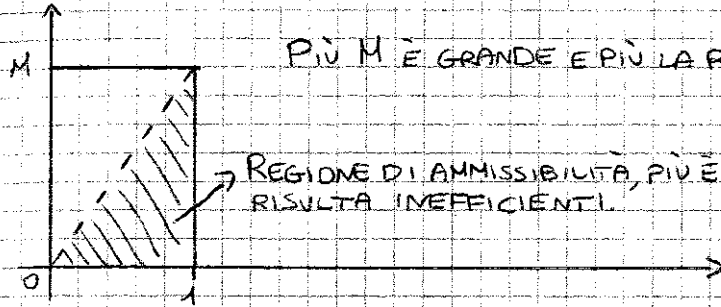
$$Q = \sqrt{267160493,83} = 16345,07$$

LE VARIABILI PRESENTI NELLA FUNZIONE OBIETTIVO DEVONO ESSERE PRESENTI ANCHE NEI VINCOLI O LEGATE AD ALTRE VARIABILI NEI VINCOLI.

HO BISOGNO DI UN VINCOLO CHE LEGA x_t E δ_t AFRIMENTI NELLA FUNZIONE OBIETTIVO PER MINIMIZZARLA AVREI SEMPRE $\delta_t = 0$

$$x_t \leq M \delta_t \quad \forall t$$

QUESTO VINCOLO SCRITTO IN QUESTO MODO NON MI PERMETTE DI RISOLVERE IL MODELLO, DEVO METTERE UN M CHE È UN UPPER BOUND DEL MODELLO.



PIÙ M È GRANDE E PIÙ LA RETTA TRATTEGGIATA DIVENTA VERTICALE

REGIONE DI AMMISSIBILITÀ, PIÙ È GRANDE E PIÙ IL BANCH AND BOUND RISULTA INEFFICIENTI

VINCOLO PER IL BIG M (SE TROPPO PICCOLA MI VINCOLA IL PROBLEMA E PIÙ GRANDE NON MI SERVE)

$$M_t = \sum_{c=t}^T d_t$$

IN OGNI PROBLEMA DOBBIAMO DEFINIRE IL VALORE DELLA M .

QUINDI RIASSUMENDO: MODELLO UNCAPACITATED LOT SIZING SINGLE ITEM

F.O. $\min \sum_{t=1}^T (h I_{t-1} + A \delta_t)$

PROPRIETÀ DELLA SOLUZIONE OTTIMA: $I_{t-1} \cdot x_t = 0$
PROPRIETÀ DI WEIGNER WEIGHTING

S.T.

$$I_t = I_{t-1} + x_t - d_t \quad \forall t$$

$$x_t \leq \left(\sum_{c=t}^T d_c \right) \cdot \delta_t \quad \forall t$$

$$I_t, x_t \geq 0 \quad \delta_t \in \{0, 1\}$$

MODELLO UNCAPACITATED LOT SIZING MULTI ITEM

F.O. $\min \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N (h_i \cdot I_{i,t} + A \delta_{i,t})$

S.T.

$$t=1, 2, \dots, T \quad i=1, 2, \dots, N$$

$$I_{i,t} = I_{i,t-1} + x_{i,t} - d_{i,t} \quad \forall t, i$$

$$x_{i,t} \leq \left(\sum_{c=t}^T d_{i,c} \right) \delta_{i,t}$$

$$x_{i,t} \geq 0 \quad I_{i,t} \geq 0 \quad \delta_{i,t} \in \{0, 1\} \quad \forall t, i$$

I PROBLEMI MULTI ITEM UNCAPACITATED NON HANNO SENSO DI ESISTERE PERCHÉ POTREI RISOLVERE I PROBLEMI SEPARATI. CON IL SIMPLESSO RISOLVERE TANTI PROBLEMI PICCOLI È MEGLIO CHE RISOLVERNE UNO GRANDE PERCHÉ I TEMPI AUMENTANO ESPONENZIALMENTE E NON LINEARMENTE.

IL PROBLEMA DEL LOTSIZING NON HA UNA SOLUZIONE IN FORMA CHIUSA (FORMULA) MA HO UNA SOLUZIONE NUMERICA.

I MODELLI PL. PERO CI PERMETTONO DI TRATTARE IN MODO PIÙ SEMPLICE IL RILASSAMENTO DI TUTTE LE ALTRE IPOTESI. SE PRODUCO PER PIÙ DI UN PERIODO NEI PROSSIMI PERIODI

QUANTISTICHE O SI FA UN BRANCH AND BOUND.

POSSIAMO USARE ALTRI ESCAMOTAGE COME QUELLO DI RIFORMULARLI O RISCRIVERLI COME PLANT LOCATION O COME CAMMINO MINIMO SU GRAFO, QUESTE FORMULAZIONI SONO PIÙ FORTI, LA SOLUZIONE DEL PROBLEMA RILASCIATO È VICINA ALLA SOLUZIONE OTTIMA DEL MISTO INTERO, (ESEMPIO SE LA SOLUZIONE NEL DISCRETO È 57 NEL CONTINUO SARÀ 56,5 - 56,6).

NON CONVIENE RIFORMULARE, POSSO PERÒ RISOLVERE UNA SEQUENZA DI PROBLEMI SEMPLICI NELLA FUNZIONE OBIETTIVO LA Σ NON CREA PROBLEMI PERCHÉ È SEPARABILE PER OGNI PRODOTTO, INVECE LA Σ NEL VINCOLO $\sum_i r_i x_i, t \leq R_t$ CREA PROBLEMI, QUINDI DOVREI DUALIZZARE IL VINCOLO E METTERLO NELLA FUNZIONE OBIETTIVO CON I MOLTIPLICATORI DI LAGRANGE.

A SECONDA DEL COSTO DI MAGAZZINO, DOMANDA & COSTO DI RIORDINO E CAPACITÀ POTREBBE NON CONVENIRMI SODDISFARE TUTTA LA DOMANDA MA IL MODELLO PRECEDENTE NON ME LO CONSENTE, COME SI FA?

MODELLO CON POSSIBILITÀ DI MANCATE VENDITE

IN QUESTO MODELLO È NECESSARIO CONSIDERARE NON SOLO I COSTI MA ANCHE I RICAVI DAL MOMENTO CHE NON TUTTA LA DOMANDA VERRÀ SODDISFATTA. PARTENDO DA QUESTA CONSIDERAZIONE, È CHIARO CHE IN QUESTO CASO DEVONO ESSERE CONSIDERATI ANCHE I COSTI DI PRODUZIONE, NON ESSENDO PIÙ LA QUANTITÀ PRODOTTA UNA COSTANTE. IL MODELLO SARÀ QUINDI UNA MASSIMIZZAZIONE DI RICAVI INVECE DI MINIMIZZAZIONE DI COSTI. RISPETTO AL MODELLO BASE È POSSIBILE AVERE VENDITE MANCATE.

INTRODUCIAMO QUINDI: :

PARAMETRI

P_i = PREZZO UNITARIO DI VENDITA PER IL PRODOTTO i

C_i = COSTO UNITARIO DI PRODUZIONE PER IL PRODOTTO i

f_i = PENALITÀ DI MANCATA VENDITA PER i

LE VARIABILI

$V_{i,t}$ = QUANTITÀ DI i VENDUTA IN t .

F.O.

$$\max \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N p_i v_{i,t} - \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N (h_i I_{i,t} + c_i x_{i,t} + A \delta_{i,t}) - \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N f_i (d_{i,t} - v_{i,t})$$

S.T. DAL MAGAZZINO DEVE USCIRE UNA QUANTITÀ PIÙ PICCOLA DELLA DOMANDA

$$I_{i,t} = I_{i,t-1} + x_{i,t} - v_{i,t} \quad \forall i, \forall t \neq 1$$

$$\sum_{i=1}^N (r_{i,m} \cdot x_{i,t} + z_{i,m} \delta_{i,t}) \leq R_{m,t} \quad \forall m, t$$

$$v_{i,t} \leq d_{i,t} \quad \forall i, t$$

$$x_{i,t} \leq \left(\sum_{t \in E} d_{i,t} \right) \delta_{i,t} \quad \forall i, t$$

$$I_{i,t} \geq 0 \quad x_{i,t} \geq 0 \quad v_{i,t} \geq 0 \quad \forall i, t \quad \delta_{i,t} \in \{0, 1\} \quad \forall i, t$$

$$\max \sum_{t=1}^T (p_i v_{i,t} + h_i I_{i,t} - A \delta_{i,t}) = \max (C - Q(x)) = \max (+Q(x)) = \min Q(x) \Rightarrow \text{QUESTO CON RICAVI COSTANTI}$$

PROBILI:

$I_{i,t}$ = QUANTITÀ DI i ACQUISTATA DA S IN t
 $\delta_{i,s,t} = 1$ SE i IN t ACQUISTATO DA S IL PRODOTTO i
 $\delta_{i,s,t} = 0$ SE i IN t NON ACQUISTATO DA S
 $X_{i,s,t} < 0$ SE i IN t NON ACQUISTATO DA S IL PRODOTTO i

E.O. $\min \sum_{i,t} \sum_{s \in S_i} \text{COSTI}$

$$\min \sum_{i,t} \sum_{s \in S_i} h_i I_{i,t} + \sum_{s \in S_i} \sum_{t} A_{i,s} \delta_{i,s,t} + \sum_{i,t} \sum_{s \in S_i} (a_{i,s} \delta_{i,s,t} + c_{i,s} X_{i,s,t})$$

$$I_{i,t} = I_{i,t-1} + \sum_{s \in S_i} X_{i,s,t} - d_{i,t} \quad \forall i,t \quad (*)$$

$$I_{i,t} \geq H_i \quad \forall i$$

$$X_{i,s,t} \leq \left(\sum_{\tau=t}^T d_{i,\tau} + H_i \right) \delta_{i,s,t} \quad \forall i,t,s \in S_i$$

$$\delta_{i,s,t} \leq \delta_{s,t} \quad \text{SE } \delta = 1 \quad \delta = 1$$

$$I_{i,t} \geq 0 \quad X_{i,s,t} \geq 0 \quad \forall i,s,t \quad \delta_{i,s,t}, \delta_{s,t} \in \{0,1\} \quad \forall i,s,t$$

SE NON FOSSE OBBLIGATORIO SODDISFARE LA DOMANDA IL MODELLO CAMBIEREBBE NEL SEGUENTE MODO:

SI AGGIUNGE LA VARIABILE $V_{i,t}$ = QUANTITÀ DI VENDITE DI i IN t

$$\text{CAMBIA IL VINCOLO DI MAGAZZINO } (*) \quad I_{i,t} = I_{i,t-1} + \sum_{s \in S_i} X_{i,s,t} - V_{i,t} \quad \forall i,t$$

SI AGGIUNGE IL VINCOLO $V_{i,t} \leq d_{i,t}$

IO POSSO RISOLVERE DA SOLI I PROBLEMI DI LOT SIZING MA QUESTO È UNO DEGLI STEP DI METODI PIÙ GRANDI CHE CERCANO DI GESTIRE L'AZIENDA NEL SUO COMPLESSO, QUINDI VORREI RISOLVERLO MOLTO VELOCEMENTE.

SONO STATE SVILUPPATE REGOLE DI LOT-SIZING (VELOCI ALGORITMI EURISTICI); QUESTE REGOLE NON DANNO SICUREZZA SULL'OTTIMALITÀ, NON SO DOVE STA L'OTTIMO, QUINDI NON SO CHE SGRAVIO ECONOMICO HO SE USO QUESTE REGOLE.

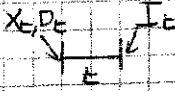
USANDO QUESTE REGOLE NON HO IL PROBLEMA DELLA CAPACITÀ QUINDI OGNI PRODOTTO PUÒ ESSERE CONSIDERATO SINGOLARMENTE.

LE REGOLE CHE USIAMO SONO INFLESSIBILI, LE USIAMO PERCHÉ E QUANDO I MODELLI HANNO COMPLESSITÀ PER TROVARE L'OTTIMO N.P. (NON POLINOMIALE), SE AVESSI N.P. COMPLESSITÀ A TROVARE UNA SOLUZIONE AMMISSIBILE NON POSSO USARE NEANCHE LE REGOLE. LA COMPLESSITÀ DEGLI ALGORITMI NEI MODELLI NON È POLINOMIALE, QUINDI IL TEMPO CRESCE ESPONENZIALMENTE.

PER RISOLVERE QUESTO PROBLEMA NON SI PASSA DAL MODELLO, SI USANO DEGLI ALGORITMI, DEI QUALI UNO ESATTO (ALGORITMO DI WAGNER-WHITIN) E MOLTI EURISTICI (REGOLE DI LOT SIZING)

ALGORITMO DI WAGNER-WHITIN

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$h = 2 \text{ €/UNITÀ-TIME INDEKST}$
D_t	10	5	5	3	1	10	10	2	1	5	$A = 100 \text{ €/ORDINE}$



$$E=7 \quad \min \begin{cases} Z_6^* + A_7 = 356 \\ Z_5^* + A_6 + h_6 \cdot D_7 = 276 \end{cases} \quad Z_7^* = 276 \quad J_7^* = 6$$

$$E=8 \quad \min \begin{cases} Z_5^* + A_6 + h_6 \cdot (D_7 + D_8) + h_7 \cdot (D_8) = 284 & Z_8^* = 284 \quad J_8^* = 6 \\ Z_6^* + A_7 + h_7 \cdot (D_8) = 360 \\ Z_7^* + A_8 = 376 \end{cases}$$

$$E=9 \quad \min \begin{cases} Z_5^* + A_6 + h_6 \cdot (D_7 + D_8 + D_9) + h_7 \cdot (D_8 + D_9) + h_8 \cdot D_9 = 290 \\ Z_6^* + A_7 + h_7 \cdot (D_8 + D_9) + h_8 \cdot D_9 = 364 \\ Z_7^* + A_8 + h_8 \cdot D_9 = 378 \\ Z_8^* + A_9 = 384 \end{cases} \quad Z_9^* = 290 \quad J_9^* = 6$$

$$E=10 \quad \min \begin{cases} Z_5^* + A_6 + h_6 \cdot (D_7 + D_8 + D_9 + D_{10}) + h_7 \cdot (D_8 + D_9 + D_{10}) + h_8 \cdot (D_9 + D_{10}) + h_9 \cdot D_{10} = 330 \\ Z_6^* + A_7 + h_7 \cdot (D_8 + D_9 + D_{10}) + h_8 \cdot (D_9 + D_{10}) + h_9 \cdot D_{10} \geq 330 \\ Z_7^* + A_8 + h_8 \cdot (D_9 + D_{10}) + h_9 \cdot D_{10} \geq 330 \\ Z_8^* + A_9 + h_9 \cdot D_{10} = 394 \\ Z_9^* + A_{10} = 390 \end{cases} \quad Z_{10}^* = 330 \quad J_{10}^* = 6$$

I PUNTI IN CUI CAMBIA J^* PRENDONO IL NOME DI PUNTI DI RIGENERAZIONE PERCHÉ POSSO TAGLIARE MOLTE ALTERNATIVE.

E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	24	-	-	-	-	28	-	-	-	-

$Q=10$ (MULTIPLI DI 10)

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_t	10	5	5	3	1	10	10	2	1	5
X_t	10	10	-	10	-	10	10	-	-	10
I_t	-	5	-	7	6	6	6	4	3	8

$h=2 \text{ €/UNITÀ} \cdot t \quad A=100 \text{ €/ORDINE}$

$\text{COSTO TOTALE} = 100 \cdot 6 + 2 \cdot (5+7+6+6+4+3+8) = 690 \text{ €}$

EOQm (ECONOMIC ORDER QUANTITY MODIFICATO)

$EOQm = \sqrt{\frac{2A \cdot D}{h}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \cdot 50}{2}} = \sqrt{5000} = 22,36 \Rightarrow 23$

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_t	10	5	5	3	1	10	10	2	1	5
X_t	23	-	-	-	23	-	-	-	23	*
I_t	13	8	3	-	22	12	2	-	22	17

$h=2 \text{ €/UNITÀ} \cdot t \quad A=100 \text{ €/ORDINE}$

$\text{COSTO TOTALE} = 100 \cdot 3 + 2 \cdot (13+8+3+2+12+2+22+17) = 498 \text{ €}$

LA PROPRIETÀ DI WAGNER-WHITIN VALE SOLO PER FOP

L4L (LOT FOR LOT)

OGNI PERIODO ORDINO TUTTO QUELLO CHE HO BISOGNO (SE MI CHIEDONO 10 ORDINO 10, SE MI CHIEDONO 5 ORDINO 5), A OGNI PERIODO IN MAGAZZINO HO ZERO, NON TIENE FISSO NE PERIODO NE QUANTITÀ. HA SENSO USARE QUESTO METODO SOLO SE IL COSTO DI RIORDINO (A) È MOLTO PICCOLO.

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_t	10	5	5	3	1	10	10	2	1	5
X_t	10	5	5	3	1	10	10	2	1	5
I_t	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

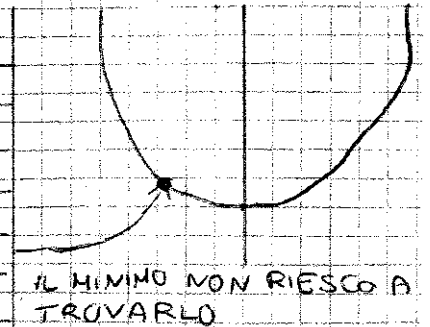
$h=2 \text{ €/UNITÀ} \cdot t \quad A=100 \text{ €/ORDINE}$

$\text{COSTO TOTALE} = 10 \cdot 100 = 1000 \text{ €}$

PART PERIOD BALANCING (PPB)

QUESTO METODO CERCA DI BILANCIARE I COSTI DI MAGAZZINO E I COSTI DI SETUP O RIORDINO (NON VALE WAGNER-WHITIN). LOCALMENTE PUNTO A ORDINARE LA QUANTITÀ CHE MI RICONDUCE VICINO AL LOTTO ECONOMICO (MINIMO LOCALE)

t	SETUP	^{COSTO} MAGAZZINO	$ \Delta = \text{SETUP} - \text{MAGAZZINO} $
1	100	0	100
2	100	$2 \cdot 5 = 10$	90
3	100	$25 + 2 \cdot 5 = 30$	70
4	100	$25 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 3 = 48$	52
5	100	$48 + 2 \cdot 1 + 4 = 56$	44
6	100	0	100
7	100	$10 \cdot 2 = 20$	80
8	100	$20 + 2 \cdot 2 = 28$	72
9	100	$28 + 2 \cdot 3 = 34$	66
10	100	$34 + 5 \cdot 2 = 74$	26



FAST PERIOD COSTI (LPC)

CUNITARIO = $\frac{C_{TOT}}{N^{\circ} PERIODI}$ CONTINUO FINCHÉ IL COSTO SI ABBASSA E POI RICOMINCIO

- t=1

$C_u = \frac{100}{1} = 100 \text{ €}$

- t=2

$C_u = \frac{100 + 2 \cdot 5}{2} = 55 \text{ €}$

- t=3

$C_u = \frac{100 + 2 \cdot 5 + 2 \cdot 5 \cdot 2}{3} = \frac{130}{3} = 43,3 \text{ €}$

- t=4

$C_u = \frac{130 + 2 \cdot 3 \cdot 3}{4} = \frac{148}{4} = 37 \text{ €}$

- t=5

$C_u = \frac{148 + 1 \cdot 2 \cdot 4}{5} = 31,2 \text{ €}$

- t=6

~~$C_u = \frac{158 + 2 \cdot 10 \cdot 5}{6} = 42,67$~~ $C_u = \frac{100}{1} = 100 \text{ €}$

- t=7

$C_u = \frac{100 + 2 \cdot 10}{2} = 60 \text{ €}$

- t=8

$C_u = \frac{120 + 2 \cdot 2 \cdot 2}{3} = 42,7 \text{ €}$

- t=9

$C_u = \frac{128 + 2 \cdot 1 \cdot 3}{4} = 33,5 \text{ €}$

- t=10

~~$C_u = \frac{134 + 2 \cdot 5 \cdot 4}{5} = 34,8 \text{ €}$~~ $C_u = \frac{100}{1} = 100 \text{ €}$

E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$D = 2 \text{ €/UNITÀ E}$	$A = 100 \text{ €/ORDINE}$
D_e	10	5	5	3	1	10	10	2	1	5	COSTO TOTALE = $3 \cdot 100 + 2 \cdot (14 + 9 + 4 + 1 + 13 + 3 + 1) = 390$	
X_e	24	-	-	-	-	23	-	-	-	5		
I_e	14	9	4	1	-	13	3	1	-	-		

L'UNICO METODO DI OTTIMALITÀ È QUELLO DI WAGNER-WHITIN

CHIEDO 150, ME LI DANNO E ME USO MA MEGLIO, PERÒ A VOLTE CHIEDENDO 150 NON MI VENGONO DATI ANCHE SE IN REALTÀ ME NE SAREBBERO BASTATI MENO.
 IL PROBLEMA DIVENTA PIÙ GRAVE QUANDO HO 2 PRODOTTI SU 20 TIMEBUCKET, INFATTI LO SCHEDULING VIENE USATO PRINCIPALMENTE CON 2 PRODOTTI O DA AZIENDE CHE PRODUCONO TANTO MA HANNO PICCOLI TIMEBUCKET.
 IL LOT SCHEDULING DÀ IL VIA ALLA PRODUZIONE DI LOTTI. DEVO PRENDERE TIMEBUCKET MOLTO PICCOLI IN MODO CHE SIANO TANTO PICCOLI DA POTER ACCOGLIERE UNA SOLA TIPOLOGIA DI PRODOTTO.

$$i = i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6 \quad \frac{8h_i}{A} \quad p_i$$

È UN SEQUENZIAMENTO DI LOTTI IN CUI SCELGO IL DIMENSIONAMENTO DOPO AVER SCELTO IL TIMEBUCKET.

MODELLO CON COSTI DI SETUP

INDICI	PARAMETRI
$i = 1, \dots, N$	$h =$ COSTO DI MAGAZZINO
$E = 1, \dots, T$	$A =$ COSTO DI SETUP
	$p_i =$ NUMERO ITEM I PRODUCIBILI IN UN TIMEBUCKET
	$d_{i,E} =$ DOMANDA DI I IN E

VARIABILI

$I_{i,E} =$ LIVELLO MAGAZZINO DI I IN E
 $x_{i,E} \in \{0,1\} \begin{cases} 1 & \text{SE PRODUCO I IN E} \\ 0 & \text{SE NON PRODUCO I IN E} \end{cases}$
 $\delta_{i,E} \geq 0 \quad \forall i,E \begin{cases} 1 & \text{SE IN E FACIO SETUP DI I} \\ 0 & \text{ALTRIMENTI} \end{cases}$

SODDISFACIMENTO COMPLETO DELLA DOMANDA

F.O.

$$\min \sum_i \sum_E (h I_{i,E} + A \delta_{i,E})$$

S.T.

$$I_{i,E} = I_{i,E-1} + p_i x_{i,E} - d_{i,E} \quad \forall i,E \quad (*)$$

$$\sum_i x_{i,E} \leq 1 \quad \forall E$$

$$I_{i,E} \geq 0 \quad \forall i,E$$

$$x_{i,E} \in \{0,1\} \quad \forall i,E$$

$$\delta_{i,E} \geq x_{i,E} - x_{i,E-1} \quad \forall i,E$$

1	1 \rightarrow $\delta_{i,E} \geq 0$
0	0 \rightarrow $\delta_{i,E} = 0$
0	1 \rightarrow $\delta_{i,E} = 0$
1	0 \rightarrow $\delta_{i,E} = 1$

ALL'AUMENTARE DI VARIABILI INTERE AUMENTA LA COMPLESSITÀ DEL MODELLO, QUINDI AGLI EFFETTI PRATICI LA δ PUÒ ESSERE POSTA ≥ 0 (VARIABILE CONTINUA), METTERE δ COME VARIABILE BOOLEANA NON È SBAGLIATO MA È MENO EFFICIENTE

MODELLI FATTI FINORA, LA DOMANDA È ESOGENA, MENTRE CONSIDERANDO I PEZZI CHE COMPONGONO IL PRODOTTO LA DOMANDA DIVENTA ANCHE ENDOGENA (INTERNE) LE PARTI CHE COMPONGONO IL PRODOTTO FINITO INTERAGISCONO TRA LORO, MENTRE 2 PRODOTTI FINITI INTERAGISCONO TRA LORO SOLO CON CAPACITÀ LIMITATA PERCHÉ COMPETONO PER ESSA.

DI QUESTA COSA SI È ACCORTO, NEGLI ANNI '60, IL SIGNOR ORLICKY CHE SI È INVENTATO UN METODO PER PIANIFICARE LA GESTIONE DEI COMPONENTI SU MULTILIVELLO.

MRP (MATERIAL REQUIREMENT PLANNING)

MRP STA DENTRO AL SISTEMA SAP E ERP (ENTERPRISE RESOURCE PLANNING).

L'MRP È STATO INTRODOTTTO CON METODI SEMPLIFICATI, PERÒ SE SBAGLIO A INSERIRE QUALCHE DATO POSSO AVERE CONSEGUENZE CATASTROFICHE.

I MODELLI DI OGGI HANNO RITOPPATO QUELLI VECCHI E CI PERMETTONO ANCHE DI INTRODURRE NOI DEI MODELLI MATEMATICI.

QUALI SONO I DATI SENSIBILI CHE SE NON TROVO CORRETTAMENTE FANNO FALLIRE L'AZIENDA?

L'MRP PIANIFICANO I MATERIALI, COSA ACQUISTARE E QUANTO ACQUISTARE, DATO IL PRODOTTO FINITO E TUTTI I SUOI COMPONENTI DEVO DECIDERE QUANTO E QUANDO LANCIARE IN PRODUZIONE I LOTTI DEI MATERIALI.

L'MRP TIENE CONTO CHE OGNI PRODOTTO FINITO È COMPOSTO DA VARIE PARTI CHE A LORO VOLTA DEVONO ESSERE PRODOTTE E ACQUISTATE.

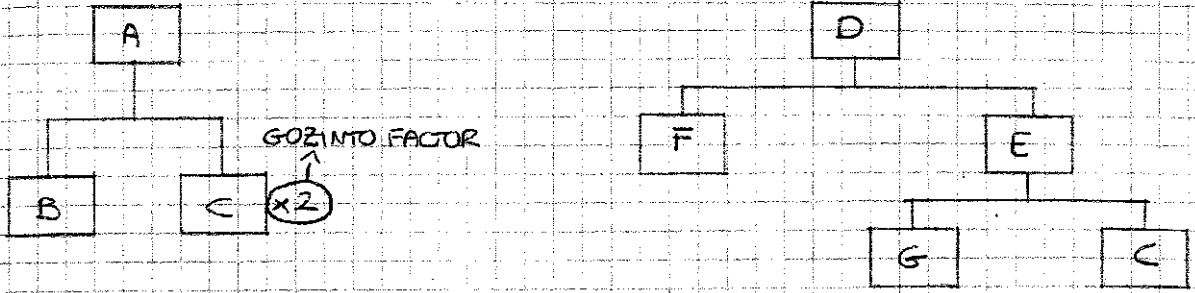
L'MRP PIANIFICA I CODICI CON L'OBIETTIVO DI SODDISFARE LA DOMANDA MINIMIZZANDO I COSTI, PERÒ IO VEDRÒ SOLO QUANTITÀ E TEMPI, SE VOGLIO I COSTI ME LI DEVO CALCOLARE LE QUANTITÀ DA ORDINARE O PRODURRE SI BASANO, MAGGIORMENTE, SUL SODDISFACIMENTO DELLA DOMANDA. L'MRP CONTIENE UNA FASE DI LOTSIZING CHE CI DIRÀ COME ORDINARE UN CERTO COMPONENTE (CODICE); DEVO CONOSCERE LA STRUTTURA DEI COSTI E LE POLITICHE DELL'AZIENDA. LA DIFFICOLTÀ MAGGIORE È INIZIALIZZARE IL SISTEMA.

POSSIAMO DIVIDERE I SISTEMI MRP IN 3 BLOCCHI: INPUT, LOGICA DI FUNZIONAMENTO E OUTPUT: INPUT: BOM (BILL OF MATERIALS), DISTINCTA BASE, CI DA IL LEGAME TRA I PRODOTTI, OGGETTI E QUANTITÀ. DEVO SAPERE QUANTO HO IN MAGAZZINO (OH=ONHAND), DEVO SAPERE SE CI SONO DEGLI ORDINI IN ARRIVO (SCHEDULED REQPT=CONSEGNE ATTESE) E DEVO SAPERE LA DOMANDA ESTERNA DI PRODOTTO FINITO (MPS=MASTER PRODUCTION SCHEDULE). OUTPUT: PIANO (COSA, QUANTO, QUANDO), QUESTO PIANO CI VA BENE SE VA TUTTO LISCIO MA A VOLTE CI SEMBRA NON TROVARE UN PIANO AMMISSIBILE E DOBBIAMO SEGNALARE I PROBLEMI CHE DOVRÒ AFFRONTARE E I CAMBIAMENTI FATTI AL PIANO.

SUPPONIAMO DI DOVER PIANIFICARE PER I PROSSIMI 2 MESI (8 SETTIMANE, 8 TIMEBUCKET) OGNI SETTIMANA DEVO PIANIFICARE LE OTTO SETTIMANE SUCCESSIVE, QUINDI A OGNI SETTIMANA, OVEO A OGNI TIMEBUCKET POSSO EFFETTUARE DEI CAMBIAMENTI.

IL PIANO PUÒ CAMBIARE SIA SE CAPISCO SE MI SERVONO PIÙ ORDINI, SIA SE CAPISCO

ESERCIZIO



-A
 LS=L4L
 LT=1
 OH₀=10
 CA=7 INT=1

-D
 LS=FOQ(15)
 LT=2
 OH₀=27
 CA=1

-B
 LS=L4L
 LT=1
 OH₀=30
 CA=1

-C
 LS=FOP(2)
 LT=2
 OH₀=32
 SA=10 INT=1

A

E	1	2	3	4	5
FL	12	8	-	20	-
OH ₁₀	5	-	-	-	-
CA	7	-	-	-	-
FN	-	3	-	20	-
FOR/OP	-	3	-	20	-
FOR/LOR	3	-	20	-	-

B

E	1	2	3	4	5
FL	3	-	20	-	-
OH ₃₀	27	27	7	7	7
CA	-	-	-	-	-
FN	-	-	-	-	-
FOR/OP	-	-	-	-	-
FOR/LOR	-	-	-	-	-

D

E	1	2	3	4	5
FL	20	-	10	13	5
OH ₂₇	7	7	12	14	9
CA	-	-	-	-	-
FN	-	-	3	13	3
FOR/OP	-	-	15	15	-
FOR/LOR	15	15	-	-	-

F

E					
FL					
OH					
CA					
FN					
FOR/OP					
FOR/LOR					

E

E					
FL					
OH					
CA					
FN					
FOR/OP					
FOR/LOR					

G

E					
FL					
OH					
CA					
FN					
FOR/OP					
FOR/LOR					

C

E					
FL					
OH					
CA					
FN					
FOR/OP					
FOR/LOR					

← 2.0RA + 0RE

SE IL LEED TIME È 2 DEVO GUARDARE ANCHE CON CHE GRADO DI CERTEZZA È 2. PER TUTELARMI POTREI DIRE CHE IL LEED TIME È 4, PERÒ SE POI VA TUTTO LISCIO PAGO PIÙ COSTI DI MAGAZZINO MA SOLITAMENTE È UNA COSA TOLLERABILE.

SE TUTTO FUNZIONASSE BENE DOVREI RUSCIRE A SODDISFARE TUTTA LA DOMANDA SUBITO, PERÒ TUTTO QUESTO DIFENDE DAI DATI IN INGRESSO CHE DOBBIAMO INSERIRE NOI. IL LOT SIZING DOBBIAMO SCEGLIERLO NOI, IL LEAD TIME È FISSO MA DOBBIAMO SCEGLIERE NOI, TUTTO CIÒ È MOLTO COMPLICATO, INFATTI IL LEAD TIME È UNO DEI GROSSI PROBLEMI DELL'MRP.

UN ALTRO GROSSO PROBLEMA È IL CAMPIONAMENTO DEL PIANO TIME BUCKET PER TIME BUCKET (ORIZZONTE ROTOLANTE). I MICROCAMBIAMENTI A VOLTE POSSONO PORTARE A SITUAZIONI INAMMISSIBILI (PROBLEMA DEL NERVOSISMO: HO LEED TIME PICCOLI E TIME BUCKET PICCOLI, QUINDI DOVREI AGGIORNARE IL PIANO OGNI TIME BUCKET E QUESTO CREA PROBLEMI).

AGGIORNAMENTI: IN TOTALE CI VA MOLTO TEMPO, QUINDI NORMALMENTE SI LAVORA CON AGGIORNAMENTI LOCALI, NON SI AGGIORNA IL PIANO OGNI VOLTA MA SI GUARDANO I MICROCAMBIAMENTI E POI SI VA AD AGIRE LOCALMENTE, POI OGNI TOT DI TEMPO (PER ESEMPIO OGNI SETTIMANA) BISOGNA REINSERIRE I DATI E FAR RIGIRARE L'MRP.

DEVO DECIDERE CHE ORDINI BLOCCARE E QUALI MANDARE IN PRODUZIONE, LA PARTE CHE IO BLOCCO IMPATTA SUGLI ORDINI CHE HO INVIATO CHE NON POSSO PIÙ CAMBIARE E RISCHIO DI CAMBIARNE ALTRI TROPPE VOLTE.

UN PRODOTTO OGGI PUÒ ESSERE FATTO DA ALCUNI COMPONENTI CHE CON GLI ANNI POSSONO CAMBIARE (ESEMPIO PUNTO), SE PARTO CON 10 MODELLI E 10 DISTINTA BASE DOPO ANNI AVRÒ 800 DISTINTA BASE ED È NECESSARIO TENERLE TUTTE PER EVENTUALI PEZZI DI RICAMBIO NOTOSTANTE QUEST'INFORMAZIONE RISULTA DIFFICILE DA RINTRACCIARE.

TUTTE QUESTE PROBLEMATICHE SONO QUELLE CHE POSSONO FAR FUNZIONARE BENE O MALE L'MRP.

LE SCHEDULE RECIVE ADJUSTED SONO QUELLE CONSEGNE ATTE SE SPOSTATE NEL PIANO PER CUI BISOGNA SEGNALARE LO SPOSTAMENTO E CHIEDERE SE LO SPOSTAMENTO RISULTA POSSIBILE.

PROCEDIMENTO LIBRO (PER IMPLEMENTARLO SU EXCELL)

- PRIMA SI CALCOLANO I MAGAZZINI $OH_t = OH_{t-1} + CA_t - PL_t$

- $FN_t = \min \{ F.L., \max \{ 0, -OH_t \} \}$

SE UTILIZZO QUESTO METODO QUANDO FACILIO LA FASE DI LOT SIZING DEVO ANDARE A CAMBIARE SICURAMENTE LA RIGA DEI MAGAZZINI.

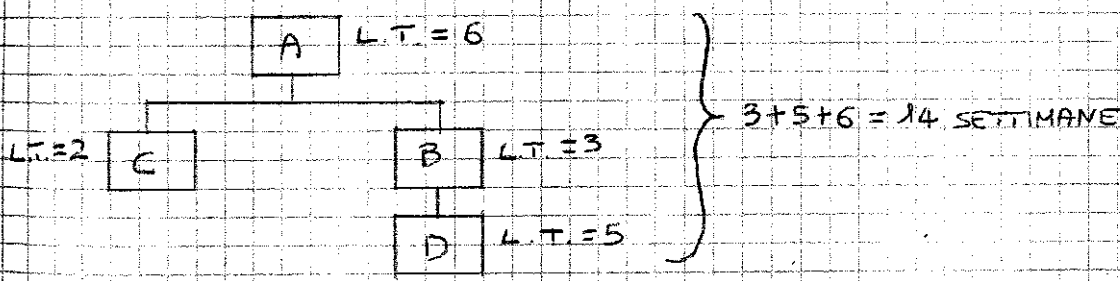
QUESTE INFORMAZIONI DOBBIAMO DECIDERLO NOI E NON IL SISTEMA.
 LEAD TIME DI SICUREZZA CI TUTELA ANCHE DALLA DOMANDA VARIABILE (VEDERE PIÙ AVANTI)
 HO PREVISTO LA DOMANDA IN UN CERTO TIME BUCKET, USO UN LEAD TIME DI SICUREZZA
 CHE MI GARANTISCA IL PRODOTTO PRONTO PRIMA CHE LA DOMANDA CI SIA, IN QUESTO
 MODO PERÒ RISCHIO DI AVERE MAGAZZINI MOLTO ALTI.

SE IN GENERE 2 PEZZI SU 100 ESCONO MALE IO NE FARÒ PIÙ DI 100 (103-104), PERÒ
 IL 2% È IN MEDIA E QUESTO È UN PROBLEMA PERCHÉ GLI MRP NON RIESCONO A
 TENER CONTO DELLA VARIABILITÀ. L'MRP HA GRANDE POTENZA DI CALCOLO MA NON
 CI SI PUÒ AFFIDARE SOLO ALLA TECNICA, CI VALE "TESTA" PER EVITARE IL FALLIMENTO).

OLTRE A QUESTI PROBLEMI CI SONO PROPRIO DEI PROBLEMI INTRINSECHI ALL'MRP CHE
 NON SI POSSONO RIMUOVERE. SONO 3: NERVOSISMO, LEAD TIME, CAPACITÀ.

LEAD TIME → IL LEAD TIME MASCHERA IL TEMPO DI PRODUZIONE, TRASPORTO, ECC...; IL
 LEAD TIME NELL'MRP È UN NUMERO FISSO, (2 TIPI DI INCERTEZZA NEI TEMPI: TEMPI
 DI PRODUZIONE E TEMPI DOWNTI ALLA DOMANDA, PER QUESTI TIPI DI INCERTEZZE CERCO
 DI AVERE LEAD TIME IL PIÙ GRANDE POSSIBILE).

SE PER UNA CERTA LAVORAZIONE HO UN TEMPO DI 3 SETTIMANE CON DEVIAZIONE
 STANDARD 1 SETTIMANA, TUTTA LA MASSA CADE ENTRO 3 DEVIAZIONI STANDARD.
 DICO CHE IL MIO LEAD TIME È 5-6 SETTIMANE. QUESTO LEAD TIME GRANDE,
 SICURAMENTE MI AUMENTA I MAGAZZINI E INOLTRE:



NELLA TABELLA MRP DOVRÒ AVERE ALMENO 14 SETTIMANE PER PRODURRE A. IO RIESCO
 A PREVEDERE BENE NEL BREVE TERMINE MA COME FACCIÒ A TUTELARMI DA QUESTO?
 DOVREI AGGIUNGERE SCORTE E LEAD TIME DI SICUREZZA CHE PERÒ MI FAREBBERO
 CRESCERE ANCORA I LEAD TIME, SIAMO IN UN LOOP. I LEAD TIME PURTROPPO NON SI
 POSSONO TOGLIERE PAGU MRP.

GLI ATTUALI MRP SI CHIAMANO BUCKET LESS (TIME BUCKET PICCOLI A PIACERE) IL
 LEAD TIME PERÒ CONTINUA A RIMANERE ED È UN MULTIPLO DEL TIME BUCKET, SE
 HO UN LEAD TIME PARI A 3,1 DEVO PASSARE A 4, QUINDI DOVRÒ AUMENTARE IL
 NUMERO DI SETTIMANE SE NON HO NUMERI INTERI, ADESSO QUESTO PROBLEMA È
 STATO ATTEMATO CON LA POTENZA DI CALCOLO MA NON RISOLTO.

CAPACITÀ → PERCHÉ MI DOVREBBE DARE UN PIANO NON AMMISSIBILE SE NON DEVO
 RIPIANIFICARE SU TEMPI PASSATI?

USARE UN NUMERO FISSO PER IL LEAD TIME MI MASCHERA LA CAPACITÀ.

DOVUTO ORDINARE 47 LUCE SETTIMANE PRIMA MA SICCOME NON MUSSO, L'ORDINE
VERA CON 2 SETTIMANE DI RITARDO.
MOSISSIMO È IL FATTO CHE DEI CAMBIAMENTI MOLTO PICCOLI, TIPICAMENTE IN DIMINUI-
PORTANO AD UN PIANO NON AMMISSIBILE PERCHÉ SONO I CAMBIAMENTI IN
ZIONE CHE CI FANNO SPOSTARE IN AVANTI E ACCORPARE GLI ORDINI.
LA FOSSE ANDATO OLTRE IL 26 CI SAREBBE STATA UNA NON AMMISSIBILITÀ
PARTE NZA, MA QUESTO CE LO ASPETTIAMO PERCHÉ VIENE RICHIESTO DI PIÙ.
PROBLEMA NON POSSO ELIMINARLO MA POSSO ATTEMMARLO USANDO GLI FPO
LA FOSSE BLOCCATO VERRÀ RILASCIATO E IL PIANO RIMANE AMMISSIBILE), È
STANTE CAPIRE QUALI ORDINI BLOCCARE.
RO MODO PER ATTEMMARE IL PROBLEMA È QUELLO DI CONGELARE ALCUNE PARTI
PIANO (OVERO FARE CAMBIAMENTI SOLO IN L'À NEL TEMPO)
ASPERAZIONE DELLA LOGICA DEL CONGELAMENTO È QUELLA DI SUODIVIDERE IL
PO IN ZONE TRATTATE IN MODO DIVERSO (TIMEFENCES)
D' A=AUTOMOBILE B=COLORE (MODULO PARTICOLARE OPZIONALE)
ME FENCES NON POSSO CAMBIARE GLI ORDINI MA POSSO CAMBIARE LE OPZIONI (COLORI)
ARI NON ACCONTENTANDO IL CLIENTE, POSSO CAMBIARE LE QUANTITÀ DI A SOLO SE HO
DISPOSIZIONE GLI ALTRI COMPONENTI, HO VINCOLI PIÙ STRINGENTI AL TEMPO ZERO,
PIÙ VADO AVANTI NEL TEMPO E PIÙ AVRÒ LIBERTÀ DI CAMBIAMENTO.
RISOLVERE QUESTI PROBLEMI POTREI ANCHE CAMBIARE LA REGOLA DI LOT-SIZING
TAMENTE PER I CODICI DI LIVELLO PIÙ ALTO BISOGNEREBBE USARE REGOLE A QUANTITÀ
A PERCHÉ AMMORTIZZANO LE LIEVI VARIAZIONI (L4L, FOO).
MOSISSIMO SEMPRE LA L4L NON AVREI IL PROBLEMA DEL NERVOSISMO MA DOVREI
EMERE I COSTI DI SETUP OGNI TIMEBUCKET.
MRP2 SONO: MANUFACTURING RESOURCE PLANNING CHE SI SONO EVOLTI NEGLI ERP
ATTUALI ERP COMPRENDONO SOLO IN MINIMA PARTE L'MRP.
PIANI A LUNGO PERIODO IO VOGLIO CAPIRE QUANTI E QUANTO GRANDI MI SERVONO
STABILIMENTI, DEVO FARE PREVISIONI DI LUNGO PERIODO CHE ENTRANO A PIANIFICARE
AGGREGATO LA PRODUZIONE; NEI RESOURCE PLANNING SI PIANIFICANO LE RISORSE,
PREVEDO SUL LUNGO PERIODO; IN AGGREGATO SIGNIFICA CHE PIANIFICO PER GROSSE
GELIE.
LE PIANIFICAZIONI PIÙ A BREVE (MASSIMO UN ANNO AVANTI), NEL MEDIO PERIODO MI
ETTONO DI DECIDERE QUANTO DEVO METTERE SUL MERCATO.
S È LA PREVISIONE DELLA DOMANDA MEDIATA DALLA CAPACITÀ. IL PIANO MI DÀ
INSIEME DI JOB (UNITÀ CHE FLUISCE SULLE MACCHINE) CHE DEVO FARE.
MA RIGA DELL'MRP (OR) NON SIGNIFICA CHE PRODUCO QUELLE QUANTITÀ, CON IL JOB POOL
DO MANDATI IN PRODUZIONE MA PUÒ DEVONO ESSERE SEQUENZIALI (JOB DISPATCHING).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ORDINI	5	5	5	5	5	5	15	15	15	15	15	15
ORDINI	5	3	2	12	27	2				35		
RESIDUO	15	10	5	30	25	20	5	20	5	20	5	20
MPS				30				30		30		30
MPS	10			30				30		30		30

$20 - (5+3+2) = 10$ UOra-ORDINI
 $20 - (5+3+2) = 10$ UOra-ORDINI

- ACETTO L'ORDINE MA DEVO CAMBIARE L'ATP
- ACETTO L'ORDINE
- ACETTO L'ORDINE
- NON POSSO ACCETTARE L'ORDINE

$AV_{t-1} + MPS - \max\{PREVISIONE_t, ORDINI_t\}$

DIFFERENZA TRA QUELLO CHE CREDO DISPONIBILE E CIÒ CHE POSSO CONSIDERARE DISPONIBILE.

LA DELL'ATP SI CALCOLA SOLO COVE $MPS_t \neq 0$. BISOGNA PARTIRE DA UN MPS FATTEBILE.

CP E UN METODO FATTO A SPANNE (RUFANT), MA FUNZIONA MEGLIO DEL CRP. NELLO DI MPS SI GUARDANO LE RISORSE DI A E B E PER OGNI RISORSA SI FA STIMA DEL TEMPO NECESSARIO A FARE IL SINGOLO PEZZO

t	1	2	3	4	5	6	7	8
A	10	15		20	5	10		5
B	25		5	5	10		10	20

WORK CENTER	A	B
X100 - K	3h	2h

C = SETTIMANA

CAPACITÀ DISPONIBILE = 40 h / SETTIMANA

t	1	2	3	4	5	6	7	8
A(h)	30	45		60	15	30		15
B(h)	50		10	10	20		20	40
TOT. CAP. RICHIESTA	80	45	10	70	35	30	20	55
CAPACITÀ DISPONIBILE (C.B.)	40	40	40	40	40	40	40	40
$\Delta\%$ (C.D. - TOT)	-40	-5	30	-30	5	+10	+20	-15

TOT = -25

IL SOMMO DEI MENO SIGNIFICA CHE QUELL' MPS, COSÌ, NON È AMMISSIBILE PERCHÉ NON HA CAPACITÀ, INOLTRE SE LA SOMMA DEI $\Delta\%$ È NEGATIVO (COME IN QUESTO CASO) SIGNIFICA CHE NON ESISTE UN PIANO AMMISSIBILE (MI MANCANO 25 h DI CAPACITÀ)

DEVO ORDINARE DALL' ESTERNO DEVO RITRANUTARE LE ORE (h) IN PEZZI; DEVO TROVARE LA GIUSTA COMBINAZIONE DI A E DI B.

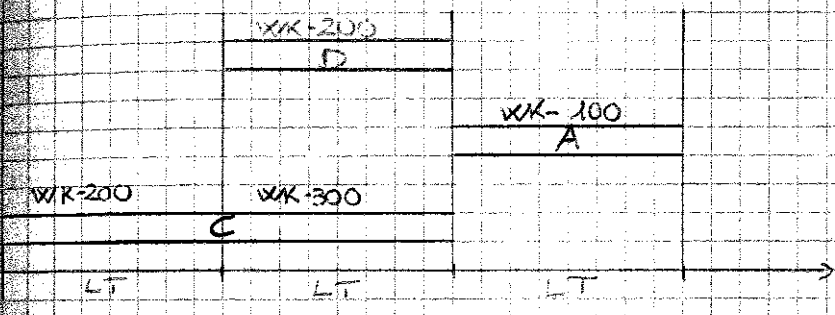
SE LA SOMMA DEI $\Delta\%$ È POSITIVA, AVOLTE, PER RENDERE IL PIANO AMMISSIBILE MI DOVERÀ SPOSTARE DA UN PERIODO ALL'ALTRO, O RITARDO O ANTICIPO. RICHIAMO LE COSE SUPPONENDO CHE CI SIANO PIÙ CENTRI DI LAVORO

A	B
3h	2h

E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OR	33	33	33	40	40	40	30	30	30	37

10 CRP PER WK-300

E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
FL	33	33	33	40	40	40	30	30	30	37	
CA	40										
OH	37	4	11	18	18	18	18	28	38	8	11
FN			22	22	22	22	12	2	-	29	
OP			40	40	40	40	40	40	-	40	
OR	40	40	40	40	40	40	-	40			



WK-300

E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C(h)	8	8	8	8	8	8	8	-	8	-

CA = 22 40

E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FL	33	33	33	40	40	40	30	30	30	37
CA	10									
OH ⁵⁰	27	44	11	21	31	41	11	31	1	14
FN		6		29	19	9		19		36
OP		50		50	50	50		50		50
OR	50		50	50	50		50		50	

WK-200

E	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C(h)	24	24	24	24	24	24	-	24		
D(h)	25	-	25	25	25	-	25	-	25	-
TOT	49	24	49	49	49	24	25	24	25	-

GLI CLIENTI DEVONO AVERE UN MAGAZZINO DI PENNE A SFERE (NON ORDINABILI), PUÒ USARE I BUFFER DI TEMPO (OVERO METTERCI IN ATTESA) SENON HA LE PENNE, PUÒ MEANCHE USARE IL BUFFER DI CAPACITÀ, IL FORNITORE MI PORTA IMMEDIATAMENTE PENNE).

SUPPONIAMO DI TROVARCI NEI SERVIZI D'EMERGENZA (VIGILI DEL FUOCO), LA DOMANDA SONNO GLI INTERVENTI. IN QUESTO CASO NON POSSO AVERE UN BUFFER DI MAGAZZINO (CHE NON ESISTE), DEVO AVERE UN BUFFER DI CAPACITÀ, OVERO SE IN MEDIA MI SERVE SQUADRA OGNI SETTIMANA IO ME TENGO DUE O TRE. IL BUFFER DI TEMPO POSSO UTILIZZARLO PERCHÉ CREERCI DELLE ATTESE CHE NON SI DEVONO SOLTAMENTE CREARE PER SERVIZI D'EMERGENZA.

IL TRAPIANTO DI ORGANI (PEZZI DI RICAMBIO), NON POSSO TENERLI IN MAGAZZINO, PERCHÉ UN REAGENTE PER ESEMPIO NON DEV'ESSERE STATO ESTRATTO DA PIÙ DI UN TOT DI TEMPO (TEMPO PICCOLO).

NON POSSO USARE MEANCHE UN BUFFER DI CAPACITÀ PERCHÉ SAREBBERO PERSONE A CUI TENERE ORGANI, E AIO NON È ETICO.

IN QUESTO CASO L'UNICO BUFFER CHE POSSO USARE È IL BUFFER DI TEMPO (LISTA DI ATTESA) E SONO L'UNICA STRADA PER LIMITARE GLI EFFETTI DELLA VARIABILITÀ DELLA DOMANDA.

NON PROGETTO UNO DI QUESTI BUFFER DOVRÒ PAGARLI POI TUTTI E 3. MINORE LA VARIABILITÀ IN GIOCO E MINORE SARANNO I BUFFER DI CUI DEVO TENER CONTO. PER EINSTEIN NON ESISTE LA CASUALITÀ (SE VEDIAMO LE COSE CASUALI È SOLO PERCHÉ NON NE CAPIAMO I MECCANISMI). AD EINSTEIN SI OPPONEVA GENTE COME BOHR I SORGENTI DELLA VARIABILITÀ SONO 4:

PROCESSI DI ARRIVO (DOMANDA) → FONTE DI VARIABILITÀ A CUI SI PENSA SUBITO. AD ESEMPIO I CALL CENTER, COME INGRESSO ABBIAMO LE CHIAMATE. IO NON SO PRECISAMENTE QUANDO ARRIVERÀ LA PROSSIMA RICHIESTA.

TEMPI DI PROCESSO, PRODUZIONE O SERVIZIO → OGNI VOLTA CHE CI SONO RISORSE DI TIPO UMANO I TEMPI NON SARANNO MAI UGUALI, IL TEMPO DI PROCESSO VARIA ANCHE PER CAUSA DEL MIX PRODUTTIVO.

RISORSE → LE RISORSE INDUCONO VARIABILITÀ PERCHÉ SONO SOGGETTE A INTERRUZIONI (STOP, RIATTREZZAGGIO, GUASTI (BLACKOUT), SCIOPERO, MANUTENZIONE PREVENTIVA)

ROUTING → NON SO QUANTI OGGETTI DOVRANNO PASSARE ATTRAVERSO UNA CERTA RISORSA ATTIVITÀ. (COME LA RICHIESTA CHE È ARRIVATA AL SISTEMA MA SI MUOVE DENTRO IL PROCESSO, OSPEDALE: PRONTO SOCCORSO).

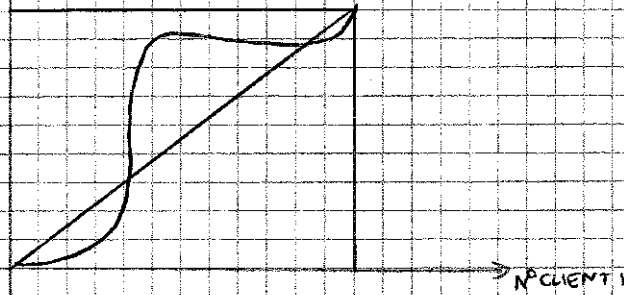
COME SI MISURA LA VARIABILITÀ?

LA DEVIAZIONE STANDARD OVERO LO SCOSTAMENTO DI OGNI SINGOLO DATO DA LA MEDIA

IN QUESTO CASO IL NUMERO MEDIO DI CLIENTI OGNI ORA NON È STAZIONARIO, PER RENDERLO STAZIONARIO DEVO RIDURRE IL TEMPO, IN QUESTO CASO DOVEI PRENDERE I

15 MINUTI

TEMPO
DI ARRIVO



PIÙ I PUNTI SI ALLONTANANO DALLA RETTA E MENO SARÀ STAZIONARIO

COME FACCIAMO A VERIFICARE SE È ESPONENZIALE?

L'ESPONENZIALE È MEDIAMENTE VARIABILE (COEF. VAR. = 1), MEDIAMENTE VARIABILE SE $(0,7 < \text{COEF. VAR.} < 1,2)$

PERCHÉ VOGLIO L'ESPONENZIALE? PERCHÉ NON C'È MEMORIA, IL VALOR MEDIO NON DIPENDE DAL TEMPO. GENERALMENTE I PROCESSI DI ARRIVO NEL MONDO REALE SONO DI TIPO ESPONENZIALE, QUINDI GLI ORDINI, LE RICHIESTE ECC... SONO INDIPENDENTI UNO DALL'ALTRO SONO EVENTI SCOLLEGATI UNO DALL'ALTRO; È UNA "FREGATURA" DAL PUNTO DI VISTA DI PREVISIONE HA UN GRANDE AIUTO A LIVELLO ANALITICO.

SE NON C'È L'ESPONENZIALE DEVO FARE DELLE SIMULAZIONI PER COLLEGARE I TEMPI DI ARRIVO.

ANCHE IL PROCESSO DI SERVIZIO NON È COSTANTE, DEVO CALCOLARE IL TEMPO DI PROCESSO P, E_p, E_s ; DEVO GUARDARE SE IL NUMERO DI PEZZI FATTI È COSTANTE PER UNITÀ DI TEMPO QUESTI METODI FORTUNATAMENTE NON RICHIEDONO L'ESPONENZIALE; I TEMPI DI SERVIZIO HANNO DISTRIBUZIONI B O TRIANGOLARI.

LA TERZA CAUSA DI VARIABILITÀ SONO LE RISORSE, I SETUP CHE ORA CONSIDERIAMO SONO QUELLI DETTI PRIMA E IMPATTANO SULLE RISORSE E QUINDI SULLA VARIABILITÀ.

SE GUARDO LA SINGOLA RISORSA MI ASPETTO UNA VARIABILITÀ MINIMA.

LA VARIABILITÀ SUL TEMPO DI PROCESSO È RILEVANTE A CAUSA DEI SETUP O DEI GUASTI

6 3, 5, 3, 4, 10, 4

$\text{JOB}_6 = 14$ IL TEMPO DI SETUP 10 È ALLOCATO AL JOB_6

$E_{\text{MEDIO}} = \frac{24}{6} = 4$ LA VARIABILITÀ È PICCOLA PERCHÉ MI ALLONTANO POCO

$E_{\text{MEDIO}} \text{ ON } \text{JOB}_7 = \frac{38}{7} = 5,43$

SI OSSERVA IL SISTEMA NELLA SUA EVOLUZIONE. FACCIAMO SCORRERE GLI EVENTI PER TUTTO L'ANNO E ALLA FINE FARÒ UNA MEDIA.

SI VEDE CHE LA VARIABILITÀ È AUMENTATA (CASI REALI)

$$CV_p^2 = \underbrace{CV_0^2 + A \cdot (1-A) \cdot \frac{m_2}{P_0}}_{(1)} + \underbrace{CV_s^2 \cdot A \cdot (1-A) \cdot \frac{m_2}{P_0}}_{(2)}$$

1) PARTE DOVUTA ALLA RIPARAZIONE

2) PARTE DOVUTA ALLA VARIABILITÀ DELLA MANUTENZIONE DOVUTA AL FATTO CHE IL PROCESSO NON AVVIENE SEMPRE CON LO STESSO TEMPO.

NESSUNA VOCE NELLA FORMULA PUÒ DIVENTARE MINORE DI ZERO (<0)

IN MOLTE REALTÀ I GUASTI NON SONO POISSONIANI, PER QUESTIONI ECONOMICHE, ANCHE SE SO CHE UN PEZZO NE HA DANNEGGIATO UN ALTRO, NON LO CAMBIO FINCHÉ NON SI ROMPE.

SE UN SISTEMA È VECCHIO, È MOLTO PROBABILE CHE I GUASTI ACCADANO.

SE LA MANUTENZIONE È FATTA IN MODO ORGANICO È DIFFICILE AVERE PEZZI CON ETÀ DIVERSE EQUINDI I GUASTI SONO PIÙ VICINI A GUASTI POISSONIANI

SETUP (NON DOVUTI AL BATCHING)

IO CONOSCO IL NUMERO MEDIO DI PARTI CHE RIESCO A LAVORARE TRA DUE SETUP SUCCESSIVI

E_s = TEMPO MEDIO DI SETUP CV_s

OGNI CERTO NUMERO DI PARTI FACCIO SETUP; BLOCCO IL SISTEMA, QUINDI TUTTO VIENE FATTO A MACCHINA FERMA).

ANCHE IN QUESTO CASO $p = p_0 + \frac{E_s}{N_s}$ (p_0 È GIÀ LA MEDIA DEI TEMPI DI PROCESSO, QUINDI NON LO DIVIDO PER N_s)

$$p = \frac{P_0 + P_0 + P_0 + \dots + (P_0 + E_s)}{N_s} = \frac{N_s \cdot P_0 + E_s}{N_s} = P_0 + \frac{E_s}{N_s}$$

CON I SETUP NON POSSIAMO TROVARE UNA FORMULA CHIUSA PER IL COEFFICIENTE DI VARIAZIONE:

$$CV_p^2 = \frac{\sigma_p^2}{p^2} = \frac{\sigma_0^2 + \frac{\sigma_s^2}{N_s} + \frac{N_s - 1}{N_s^2} \cdot E_s^2}{(P_0 + \frac{E_s}{N_s})^2} \quad \sigma_0^2 = CV_0^2 \cdot P_0^2 \quad \sigma_s^2 = CV_s^2 \cdot E_s^2$$

POSSO DIRE CHE $CV_p^2 > CV_0^2$ COME PRIMA? NO PERCHÉ HO SEMPRE UN DENOMINATORE CHE MI RENDE IL PRIMO TERMINE PIÙ PICCOLO DI CV_0^2 QUINDI SE $CV_p^2 < CV_0^2$ SIA VERIFICATA O

MENO DIPENDE PER COSA DIVIDO E DA COSA SOMMO, DIPENDE QUINDI DAL CASO SPECIFICO

$CV_0^2 = \frac{\sigma_0^2}{P_0^2}$ NEI CASI REALI OVVIAMENTE È DIFFICILE CHE IL SETUP FACCI DIMINUIRE LA VARIABILITÀ.

PUÒ UN SISTEMA ESSERE SOGGETTO A GUASTI E SETUP?

L'UTENSILE SI USURA MA È POSSIBILE CHE SI ROMPA DOPO 5 PEZZI ANCHE SE AVREI DOVUTO CAMBIARLO DOPO 10.

$$P_{\text{GUASTI}} \xrightarrow{CV_0} \tilde{P}_{\text{SETUP}} \xrightarrow{CV_s} P \quad \tilde{P}_{\text{SETUP}} = \frac{P_0}{A} \quad p = \frac{\tilde{P}}{N_s}$$

$$P_{\text{SETUP}} \xrightarrow{\tilde{P}_{\text{GUASTI}}} P \quad \tilde{P}_{\text{GUASTI}} = P_0 + \frac{E_s}{N_s} \quad p = \frac{\tilde{P}}{A}$$

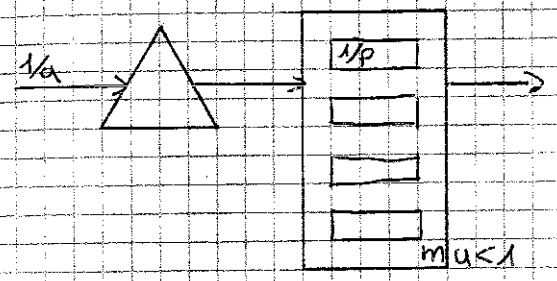
$T_{tot1} = 0,25 + 0,25 = 0,5h$ $t_{ot2} = 1,5 + 0,4 = 2h$ $T_{q2} = 80\% T_{tot2}$ $T_{q1} = 50\% T_{tot1}$
 SE $\frac{a}{p} = 10, P=2h$ E $\frac{1}{p} = 3,1 P=2h$ $u =$

$T_q =$ DA FARE

QUELLA FORMULA CI SUGGERISCE DELLE LEVE PER MIGLIORARE IL SISTEMA:
 - MIGLIORIA TECNOLOGICA CHE HA UN COSTO DI MIGLIORAMENTO E ADDESTRAMENTO DELL'OPERATO
 - MIGLIORIE ORGANIZZATIVE AUMENTANO LA CAPACITÀ BILANCIANDO LA LINEA.

IL BILANCIAMENTO MI COSTA SOLO SE SPOSTO QUALCHE OPERAIO DEVO ADDESTRARLO.
 POSSO CERCARE DI DIMINUIRE LA VARIABILITÀ AGENDO SU CV_a O SU CV_p , AD ESEMPIO, SE FACCIO MANUTENZIONE PREVENTIVA SU UNA MACCHINA DIMINUISCO I GUASTI CHE SICURAMENTE AUMENTEREBBERO LA VARIABILITÀ.

MOLTE RISORSE IN PARALLELO: $m = N^{\circ}$ RISORSE



A PARITÀ DELLE ALTRE CONDIZIONI SE HO PIÙ RISORSE CHE LAVORANO IN PARALLELO, IL CLIENTE ASPETTERÀ MENO TEMPO IN CODA.

$I = \frac{1}{a} T$ $T = T_q + P$ $I = I_q + I_p$ $I_q = \frac{1}{a} T_a$ $I_q = \frac{1}{a} T_q$

$T_q = \left(\frac{CV_a^2 + CV_p^2}{2} \right) \cdot \left(\frac{u \sqrt{2(m+1)} - 1}{1-u} \right) \cdot \frac{P}{m}$ LITTLE SI APPLICA ANCHE AI PICCOLI PEZZI
DIMINUISCE ALL'AUMENTARE DI m

$u = \frac{1/a}{m/p} = \frac{P}{m \cdot a}$

QUESTO DIVERSO UTILIZZO RISPETTO AL PRECEDENTE AMPLIFICA LA DIMINUIZIONE

$u_{singola\ risorsa} = \frac{1/a/m}{1/p} = \frac{P}{m \cdot a}$ $I_p = \frac{m \cdot P}{a}$ $I_p = m^2 \cdot u$

SE CON 1 RISORSA PROCESSO 0,7 CLIENTI, SE HO m RISORSE NE PROCESSERÒ IN MEDIA 0,7 · m

ESEMPIO: $\frac{1}{a} = 2$ $\frac{1}{p} = 4$ $m = 10$ $\frac{P}{a} = 0,5$ $\frac{P}{m \cdot a} = 0,05$ $\frac{m \cdot P}{a} = 5$

LA FORMULA I_q È TANTO PIÙ APPROSSIMATA IN MODO BUONO TANTO PIÙ È GRANDE IL RAPPORTO $\frac{a}{m}$

MI CONVIENE AVERE LA CODA CON m RISORSE O m CODE PER m RISORSE?

IL PEZZO E L'ORDINE LAVORATO SU UNA MACCHINA HANNO UN CLIENTE A CUI NON INTERESSA NIENTE DELLA MEDIA, IL SINGOLO VEDE SOLO IL SUO TEMPO DI ATTESA E NON QUELLO MEDIANO. QUANDO AGISCO SUL TEMPO DELLE CODE DEVO DECIDERE QUANTO TEMPO VOGLIO CHE A

NOI TROVEREMO IL NUMERO OTTIMALE MA POI DOVREMO VEDERE SE SI RISPETTANO I VINCOLI DI LEGGE E SE RIESCO A TROVARE RISORSE SUFFICIENTI.

QUANTO MI COSTANO LE RISORSE?

OVVIO CHE PIU RISORSE HO E PIU CLIENTI POSSO SERVIRE.

$$\text{LABOR COST} = \frac{\text{COSTO RISORSA}}{\text{FLOW RATE}} = \frac{m \cdot \text{COSTO SINGOLA RISORSA}}{1/q} = a \cdot m \cdot \text{COSTO} = \text{COSTO} \cdot \frac{p}{u} \quad [\text{€}/\text{CLIENTE}]$$

TROVO QUANTO MI COSTA OGNI CLIENTE SERVITO.

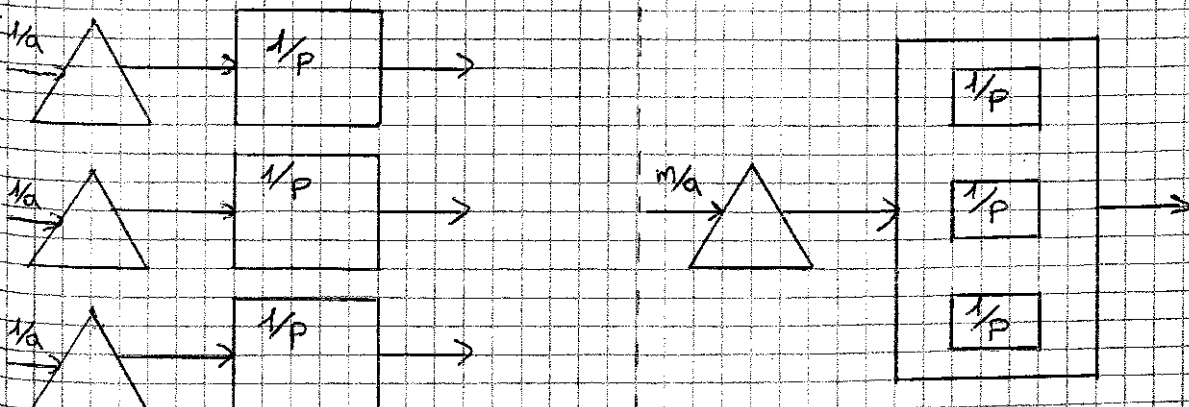
TANTO PIU L'UTILIZZO È BASSO E TANTO PIU GLI OPERATORI NON FANNO NIENTE, QUINDI IL COSTO SARA PIU ALTO, PERO NON POSSIAMO AVERE UN UTILIZZO UGUALE A 1 PERCHE MINIMIZZO IL LABOR COST MA MASSIMIZZO IL T_q ; DEVO GIOCARE SULL'UTILIZZO PER AVERE UN T_q RAGIONEVOLE, QUINDI DEVO FISSARE UN LIVELLO DI SERVIZIO AL CLIENTE.

SE: COSTO OGNI MINUTO LINEA OCCUPATA = 0,05 €/min COSTO LINEA = 0,05 $(T_q + p)$
 ALL'AUMENTARE DI m QUESTO COSTO DIMINUISCE A DIFFERENZA DEL LABOR COST CHE AUMENTA CON L'AUMENTARE DI m .

IN PRATICA SI CERCA DI FORMULARE TUTTE LE FUNZIONI DI COSTO IN FUNZIONE DI m (N° RISORSE), POI FACCIO VARIARE m , VEDO SE T_q E u DELLE RISORSE RISPETTANO I VINCOLI E VEDO DI TROVARE IL MINIMO DELLA FUNZIONE SOMMA (COSTO LINEA + LABOR COST). TUTTO QUESTO VA FATTO IN STAZIONARIETA', QUINDI TROVERO UN m OGNI PICCOLO PERI. PROBABILMENTE AVRÒ UN m MOLTO VARIABILE, A QUESTO PUNTO DA INGEGNERE GESTIONALE DEVO DECIDERE COSA FARE.

UN PROCESSO STAGIONALE NON È STAZIONARIO, MA IL FATTO DI NON STAZIONARIO ^{PAG 302} IMPLICA LA STAGIONALITA'. TUTTO QUELLO CHE SI È DETTO VALE ALL'EQUILIBRIO E IL PROCESSO DEV'ESSERE STAZIONARIO (PER ARRIVARE ALL'EQUILIBRIO CI SERVONO TANTI DE). IL CONCETTO DI OTTIMO, IN AZIENDA, NON PIACE MOLTO, SI PUNTA A UNA SOLUZIONE BUONA ACCETTATA DA CHI STA DENTRO E CHI STA FUORI DAL SISTEMA.

SE L'OTTIMO SONO 5 min MA COSI' CREEREI BRUTTI RAPPORTI CON IL PERSONALE, POI AUMENTARE IL TEMPO SE PER IL CLIENTE ASPETTARE DI PIU' NON È UN PROBLEMA, CO FACENDO EVITO CHE I MIEI OPERAI SCIOPERINO, ECC., QUESTO VALE SE I COSTI NON VARIANO TROPPO, IL CHE DIPENDE DALL'AZIENDA.



ES210:

$p_B = 10$ $p_C = 7$

$p_A = p_C$ $T_{qA} = 0$ $T_{qB} = 5$ $T_{qC} = 15$ $T_{qTOT} = 20$

$p_C = p_B$ $T_{qA} = 0$ $T_{qC} = 5$ $T_{qB} = 12$ $T_{qTOT} = 17$

$p_C = p_A$ $T_{qB} = 0$ $T_{qC} = 10$ $T_{qA} = 17$ $T_{qTOT} = 27$

FINIRE

FCFS (FIRST COME FIRST SERVE): PRIMA ARRIVATO, PRIMA SERVITO. QUESTA È L'UNICA REGOLA CHE VIENE CONSIDERATA GIUSTA DAI CLIENTI.

PERTURBARE LA REGOLA DI FCFS CI FA APPARIRE COME INGIUSTI E IL CLIENTE CI FA ATTIVITÀ PUBBLICITÀ, POSSO INTRODURRE VARIABILITÀ NEI TEMPI DI ATTESA ANCHE SE LA MEDIA RIMANE UGUALE, DOBBIAMO AVERE BUONI MOTIVI PER SCOSTARCI DA QUESTA REGOLA.

COME FACCIO A RIDURRE LA VARIABILITÀ?

ABBIAMO DUE FONTI IMPORTANTI: IL FLUSSO IN ARRIVO E IL PROCESSO.

IL CVP È CONTROLLABILE MA SUL CV_q POSSO FAR POCO.

LA CV_p POSSO CONTROLLARLA FACENDO MANUTENZIONE PREVENTIVA E TUTELANDOMI CONTRO EVENTI ESOGENI (GUASTI, SCIOPERI, ECC.). PER I SETUP CERCO DI DARGLI UNA DURATA E SO PÙ O MENO CONTROLLARLI ANCHE SE NON POSSO ELIMINARLI.

DEVO CERCARE DI STANDARDIZZARE LE OPERAZIONI E RENDERE p IL PÙ POSSIBILE VICINO A p MEDIO, COSÌ CONTROLLO IL CV_p .

NEI SERVIZI IL TUTTO DIPENDE DAL CLIENTE E NON È POSSIBILE ELIMINARE L'INTERAZIONE. CERCO DI LIMITARE IL COINVOLGIMENTO DEL CLIENTE NEL PROCESSO.

MOLTO SPESSO UNA VARIABILITÀ ALTA NON È NATURALE MA È DOVUTA AL FATTO CHE LE PERSONE NON SEGUONO LE PROCEDURE. UN'ORA RISPARMIATA IN UNA RISORSA CHE NON È IL COLLO DI BOTTIGLIA È INEVITENTE PER IL SISTEMA.

PROMOZIONI, OFFERTE E SCONTI CONCENTRATI IN DETERMINATI PERIODI DI TEMPO MI AIUTANO A PREVEDERE LA DOMANDA.

SE PER ESEMPIO FACCIO UN HAPPY HOUR IN UN BAR, SONO SICURO CHE LE PERSONE CHE VENGONO ALL'HAPPY HOUR NON VERRANNO A CENA DOVE IO DI SOLITO HO UN PICCO DI DOMANDA. UN ALTRO METODO PER RIDURRE LA VARIABILITÀ SONO LE PRENOTAZIONI; LA DOMANDA CONTINUA A ESSERE VARIABILE MA NOI LA SPALMIAMO. CONTROLLIAMO E LIMITIAMO LA VARIABILITÀ DI INGRESSO NEL PROCESSO.

NEL MOMENTO, PERÒ, IN CUI IL CLIENTE NON SI PRESENTA ALL'ORARIO DELL'APPUNTAMENTO DEVO DECIDERE SE FAR PASSARE QUELLO DOPO O ASPETTARE CHE ARRIVI.

IL CLIENTE IN REALTÀ ASPETTA SEMPRE LO STESSO TEMPO ANCHE SE HA UN APPUNTAMENTO.

SENZA USARE LE TAVOLE!

$$P_m(z) = \frac{z^m}{m!} \cdot \frac{\lambda^m}{\lambda^m} \cdot \frac{z}{\lambda} \quad \% \text{ DI TEMPO IN CUI SONO IN DIVERSIONE}$$

SE $m=1 \rightarrow z=u \quad p(u) = \frac{u}{1+u}$

$$\text{FLOW RATE} = \frac{1}{a} \cdot [1 - P_m(z)] < \frac{1}{a}$$

$$\text{CUSTOMER LOSS} = \frac{1}{a} - \text{FLOW RATE} = \frac{1}{a} \cdot P_m(z)$$

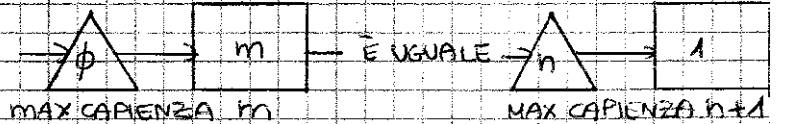
TIPICAMENTE IN QUESTE SITUAZIONI (CENTRI DI EMERGENZA), GLI UTILIZZI SONO MOLTO BASSI. PERCHÉ QUESTI SISTEMI SI POSSONO PERMETTERE UN UTILIZZO COSÌ BASSO? UN UTILIZZO BASSO SIGNIFICA CHE IN MEDIA HO UN SISTEMA SOVRADIMENSIONATO.

SE $m=1 \quad z=u \quad \text{E} \quad P_m(u) = \frac{u}{1+u}$, SE AUMENTA L'UTILIZZO AUMENTA LA PROBABILITÀ DI DOVER RIDIREZIONARE I CLIENTI CHE ARRIVANO.

DEVO FISSARE A PRIORI UN VALORE TARGET PER P_m CHE SOLITAMENTE NON DEVE SUPERARE IL 10%

NEI CENTRI DI EMERGENZA CI DEV'ESSERE UN BUON MATCHING TRA DOMANDA E OFFERTA E QUINDI IL CENTRO DI EMERGENZA PUÒ AVERE UN UTILIZZO BASSO PERCHÉ ALTRIMENTI PERDEREBBE CLIENTI E SE TUTTI I CENTRI LAVORASSERO COSÌ NON CI SAREBBERO MAI POSTI IN NESSUN CENTRO DI EMERGENZA.

SE IO PENSO AL SISTEMA CODA E VEDO IL NUMERO MASSIMO DI PERSONE CHE STANNO IN CODA IL CASO DEL PRONTO SOCCORSO



NEL PRIMO CASO IL BUFFER È COSÌ LIMITATO DA ESSERE NULLO. IL BUFFER NON PUÒ IN REALTÀ ESSERE INFINITO MA CI SONO SEMPRE DEI LIMITI. È DIFFICILE TRATTARE QUESTI PROBLEMI DAL PUNTO DI VISTA ANALITICO.

CASO MONORISORSA CON TEMPI DI PROCESSO E SERVIZIO ESPONENZIALI

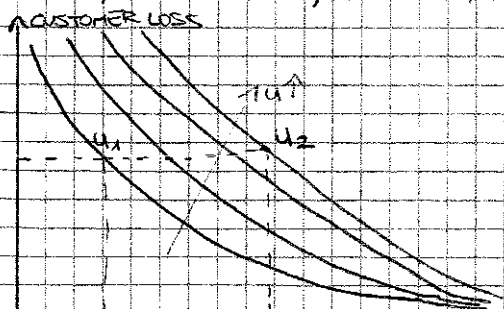
b = DIMENSIONE MASSIMA DELLA CODA (ATESA + SERVIZIO) m=1

$$P_b(u) = \frac{u^b \cdot (1-u)}{1-u^{b+1}} \quad \text{SE } u \neq 1 \quad P_b(u) = \frac{1}{b+1} \quad \text{SE } u = 1$$

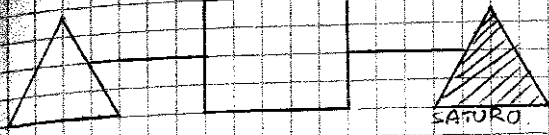
$$\text{FLOW RATE} = \frac{1}{a} \cdot (1 - P_b(u)) \quad \text{CUSTOMER LOSS} = \frac{1}{a} \cdot P_b(u)$$

TIPO DI DISTRIBUZIONE MARCOVIANA

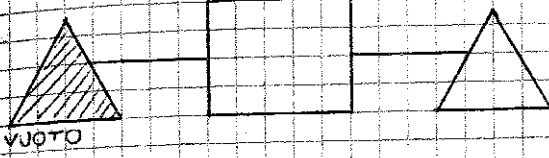
LE CODE IN ASTRATTO SI RAPPRESENTANO CON QUESTA SIGLA M/M/1/PS/1/N PERSONE IN CODA
 M/M/1/D-1, G/G/1/∞, G/G/m/∞. LIMITARE I BUFFER COMPLICA L'ANALISI DEL PROCESSO



TEMA SI BOLLINI QUALCUNO DI PRODUZIONE



STARVATION → SE IL BUFFER A MONTE DELLO STADIO È VUOTO, IL NOSTRO PROCESSO È "AFFAMATO", VORREBBE LAVORARE MA NON HO PIÙ PEZZI DA PROCESSARE



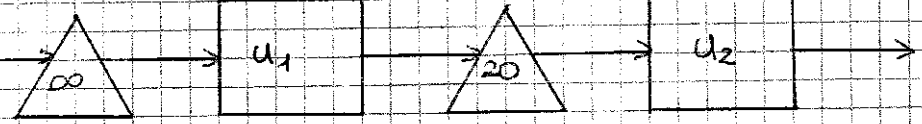
SE IL SISTEMA FOSSE BEN DIMENSIONATO HO STARVATION. SE GLI ORDINI MI ARRIVANO IN RITARDO.

DOVE C'È GRANDE VARIABILITÀ SI ALTERNANO STARVATION E BLOCKING, INOLTRE BLOCK E STARVATION POSSONO ESSERE ANCHE CAUSATI DA GUASTI.

VORREI AVERE DEI BUFFER DISACCOPIANTI, MA COSTANO MOLTO, DOVE LI METTO? LI DEVO METTERE PRIMA O DOPO IL COLLO DI BOTTIGLIA O COMunque TRA DUE STADI CON CAPACITÀ MOLTO DIVERSE.

NEGLI ESERCIZI USEREMO DEI NUMERI MA IN REALTÀ QUESTI NUMERI CE LI DOBBIAMO CERCARE NOI E SE NON HO METODI ROBUSTI NON POTRO METTERLI A SPANNE.

ESERCIZIO: PRODUZIONE DI CIRCUITI



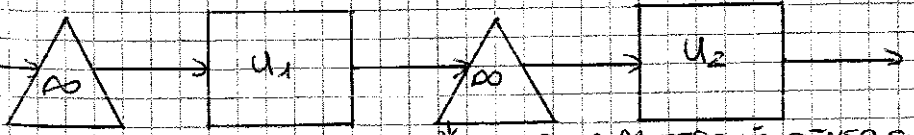
$CV_0^2 = 1$
 $\frac{1}{a} = 2,4 P2/D$
 $P_{01} = 19 \text{ min}$
 $CV_{01} = 0,25$
 $M_F = 2880 \text{ min}$
 $M_R = 480 \text{ min}$
 $C_{Z1} = 1$

$P_{02} = 22 \text{ min}$
 $CV_{02} = 1$
 $M_F = 200 \text{ min}$
 $M_R = 10 \text{ min}$
 $C_{Z2} = 1$

PER AMPLIARE IL BUFFER DEVO FERMARE LA PRODUZIONE PERCHÉ QUESTO BUFFER È UNA CAMERA STERILE.

SONO SICURO CHE SE AUMENTO IL BUFFER RISOLVA IL PROBLEMA?

DEVO DIAGNOSTICARE IL VERO PROBLEMA.



LO PONGO A 100 PERCHÉ PENSO CHE SIA QUESTO IL PROBLEMA

SI RICAVANO I PARAMETRI EFFETTIVI DEL PROCESSO E POI SI CALCOLANO I TEMPI DI ATTES

DIMENSIONARE IL BUFFER B B=!

CALCOLARE IL FLOW TIME



$CV_{p1}^2 = 1 = CV_{p1}^2$	$CV_{p2}^2 = 2$	$CV_{p3}^2 = 1$
$P_{01} = 1$ PER OGNI UNO DEI DUE TURNI	$m = 2$	$P_{03} = 10 \text{ min}$
$P_1 = 60 \text{ min}$	$P_{02} = 90 \text{ min}$	$N_s = 10$
$B = \text{CAPACITÀ BUFFER}$	$M_F = 200 \text{ min}$	$E_s = 50 \text{ min}$
	$M_R = 10 \text{ min}$	$m = 1$
	$C_r = 1$	$C_s = 4$

PER CALCOLARE B DEVO ANALIZZARE LA LINEA CONSIDERANDO B=∞ E CALCOLANDO L'Iq

$CV_{p1} = CV_{p1}$ $P_{01} = P_1$ PERCHÉ NON CI SONO GUASTI.

$$u_1 = \frac{10/16 \cdot P_1/A_1}{1/1 \cdot P_1/A_1} = 0,625 \quad Iq_1 = \left(\frac{1+1}{2} \right) \cdot \left(\frac{0,625}{1-0,625} \right) \cdot 60 = 100 \text{ min}$$

$$Iq_1 = \frac{100}{60} \cdot \frac{10}{16} = 1,042 \text{ ORDINI} \xrightarrow{10 \text{ ORDINI} = 2 \text{ ROTOLI}} 2,084 \text{ ROTOLI} \approx 3 \text{ ROTOLI}$$

L'INGRESSO = $f(Iq_1, \sigma_{q1})$ DIPENDE DALLA DISTRIBUZIONE

SE PER ESEMPIO: DISTRIBUZIONE NORMALE $I_{INGRESSO} = Iq_1 + z \cdot \sigma_{q1}$ LEGATO AL LIVELLO DI SERVIZIO.

SE VOGLIO UN SERVIZIO DEL 100% z SARÀ ∞ QUINDI IL BUFFER INIZIALE DOVRÀ ESSERE ∞
LA MEDIA NON MI BASTA PER DIMENSIONARE IL BUFFER INIZIALE, DEVO CONSIDERARE ANCHE LA VARIABILITÀ

$$CV_{a2}^2 = 0,625^2 \cdot 1 + (1 - 0,625^2) \cdot 1 = 1$$

$$A_2 = \frac{200}{210} = 0,95 \quad CV_{p2} = 2 + 2 \cdot 0,95 \cdot (1 - 0,95) \cdot \frac{10}{90} = 2,01$$

$$P_2 = \frac{90}{0,95} = 94,5 \quad u_2 = \frac{10/16}{2 \cdot \left(\frac{60}{94,5} \right)} = 0,492$$

$$Iq_2 = \left(\frac{1+2,01}{2} \right) \cdot \left(\frac{0,492^{2+(2+1)} - 1}{1-0,492} \right) \cdot \frac{94,5}{2} = 57,96$$

$$CV_{a3}^2 = 1 + (1 - 0,492^2) \cdot (1 - 1) + \frac{0,492^2}{1/2} \cdot (2,01 - 1) = 0,17$$

$$P_3 = 10 + \frac{50}{10} = 15 \quad \sigma_{P3}^2 = P_{03}^2 \cdot CV_{p3}^2 + \frac{C_s^2 + E_s^2}{N_s} + E_s^2 \cdot \frac{(N_s - 1)}{N_s^2} = 1325$$

$$CV_{P3}^2 = \frac{\sigma_{P3}^2}{P_3^2} = \frac{1325}{15^2} = 5,89 \quad u_3 = \frac{10/16}{60/15} = 0,156 \quad Tq_3 =$$

$$T = Tq_1 + Tq_2 + Tq_3 + P_1 + P_2 + P_3 = \text{FLOW TIME} = 100 + 57,96 + 60 + 94,5 + 15$$