

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale

**Corso di Laurea Magistrale
in Ingegneria Gestionale**

Tesi di Laurea Magistrale

**Analisi Funzionale, processi produttivi e
gestione dei dati nelle aziende italiane**



GIULIO CALCIO GAUDINO

APRILE 2019

Sommario

Il punto di partenza è stato un problema presente in tutte le aziende ovvero l'enorme crescita dei dati che le riguardano e la necessità di gestirli; il punto è quindi capire dove risiedono i dati, come reperirli, organizzarli e analizzarli. Di questo si parla nel capitolo introduttivo dell'elaborato.

Segue poi un capitolo di richiami teorici sui concetti chiave affrontati durante il percorso di studi relativi ai temi trattati e che sono stati necessari durante l'esperienza lavorativa.

Dopo aver inquadrato la situazione che stanno affrontando la maggior parte delle aziende italiane si analizza nel dettaglio un caso reale: quello della Centrale del Latte di Torino, in cui è stata svolta un'esperienza di stage extracurricolare con finalità di tesi.

Collaborando con diverse figure all'interno dello stabilimento sono state svolte diverse attività di analisi sui processi produttivi, le risorse ed i dati che ne derivano. L'esito degli studi è stato periodicamente relazionato al direttore operations e all'amministratore delegato del gruppo (Centrale del latte d'Italia).

Nel dettaglio si parla di analisi delle perdite nelle varie fasi del processo produttivo (pastorizzazione e confezionamento del latte) con relativa quantificazione monetaria; analisi delle efficienze delle linee tramite indicatori specifici e successiva classificazione delle cause di inefficienza in modo da rendere possibili azioni correttive; ridefinizione dei cicli di lavoro meccanici e delle distinte basi dei prodotti; studio sull'efficacia dei turni in relazione alla distribuzione temporale del carico di lavoro; simulazioni sugli aumenti di domanda dovuti ad imprevisti ordini esteri e vincoli di capacità produttiva; generazione di algoritmi di previsione della domanda e rilevazione di parametri fondamentali per l'implementazione di MPS-MRP su sistema informativo.

Infine in un capitolo conclusivo sono riassunte le inefficienze emerse durante il percorso e le soluzioni adottate o proposte.

Indice

CAPITOLO 1 - I problemi delle aziende	3
CAPITOLO 2 - Come analizzare il processo produttivo.....	7
2.1 L'Azienda	7
2.2 la linea produttiva	9
2.3 La stazione di lavoro (workstation)	15
2.4 Previsione della domanda	24
2.5 Domanda indipendente MPS.....	30
2.6 MRP - Material Requirements Planning	34
2.7 Calcolo dell'indice OEE.....	39
CAPITOLO 3 Caso reale – Centrale del Latte di Torino S.p.A	44
3.1 Storia dell'azienda.....	44
3.2 Suddivisione interna del gruppo e dello stabilimento di Torino	46
3.2.1 Pastorizzazione	47
3.2.2 Confezionamento	49
3.2.3 Laboratorio	51
3.3 Analisi perdite e linee	52
3.4 Problemi di sovrapproduzione e sottoproduzione.....	72
3.5 Ridefinizione delle distinte basi.....	77
3.6 Throughput di produzione	79
3.7 Efficienza linee e composizione dell'indice OEE	82
3.8 Classificazione delle inefficienze	89
3.9 Distribuzione dei turni di lavoro	94
3.10 Ridefinizione dei cicli di lavoro	99
3.11 Simulazioni sugli aumenti di produzione	104
3.12 MPS-MRP	109
CAPITOLO 4 – Conclusioni e soluzioni adottate	112
RINGRAZIAMENTI.....	114
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	114

CAPITOLO 1 - I problemi delle aziende

La gestione dei dati è uno dei problemi maggiormente sentiti dalle aziende negli ultimi tempi.

Questo perché i dati rappresentano il patrimonio stesso delle aziende ed il problema della loro gestione risiede non solo nella quantità, ma anche nella tipologia: oltre ad essere sempre più numerosi (in maniera esponenziale), i dati si configurano anche frammentati e segmentati. Infatti le informazioni aziendali risiedono in software diversi, dispositivi diversi e in formati diversi.

Uno dei problemi principali quando si parla di dati è proprio questo: dove risiedono? Infatti spesso nelle aziende italiane si ritrovano ancora dati raccolti a mano su carta o addirittura dati che potrebbero essere rilevati ma di cui non viene tenuta alcuna traccia; a volte il problema potrebbe anche essere quello che su più fonti appaiono gli stessi dati ma non coincidono per via di errori di trascrizione o nel rilevamento.

Tutti questi risultano grossi ostacoli ad analisi dettagliate sulla produzione e sui rendimenti di un'azienda, le quali dovrebbero appunto basarsi su un solido sistema di dati attendibili. Il primo ostacolo da superare è quindi quello del dato inaffidabile o non significativo; bisogna dare origine ad una “mappa” dettagliata dell'azienda che sia velocemente navigabile e consenta di accedere a tutte le informazioni necessarie in modo preciso.

Cosa significa quindi gestire il dato? Significa renderlo accessibile, metterlo in sicurezza, archiviarlo, conservarlo a lungo termine, ricercarlo in maniera rapida ed immediata, perché i dati devono essere non solo immagazzinati, ma anche trattati. Tutto questo fa sì che sia sempre più difficile trovare un equilibrio tra costi, capacità e performance negli strumenti da utilizzare.

Il primo problema diventa quindi quello di migrare su sistemi di raccolta dati più evoluti e mantenersi aggiornati con l'innovazione tecnologica.

Molte soluzioni possono essere trovate nell'utilizzo del famoso software gestionale SAP (il cui acronimo significa: “*Sistemi, Applicazioni e Prodotti nell'elaborazione dati*”), su cui usando i giusti parametri si può dare origine a un modello di supporto e automazione dei processi aziendali (Sistemi ERP: pianificazione delle risorse d'impresa).

Definiamo innanzitutto un processo aziendale:

Processo aziendale: insieme di attività interdipendenti finalizzate a un obiettivo specifico

Il processo:

- riceve un certo input
- vi apporta trasformazioni che ne aggiungono valore usando risorse aziendali
- trasferisce all'esterno l'output richiesto

– le attività svolte nel processo seguono un ordine logico e/o una sequenza temporale definiti.

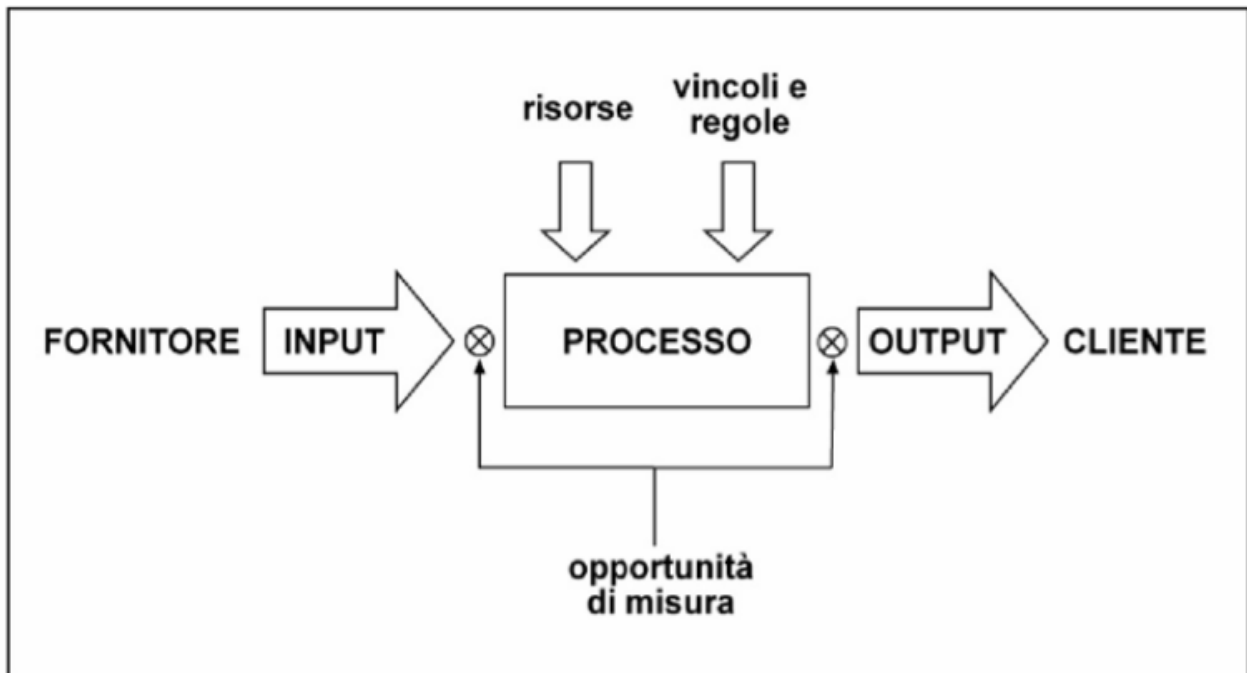


Figura 1 schema processo aziendale

Le Risorse sono elementi materiali o immateriali che l'azienda mette a disposizione per eseguire il processo.

Le Opportunità di misura sono punti di controllo del processo tramite misura di elementi chiave (input, output, risorse) rispetto a standard o obiettivi stabiliti.

I Vincoli e le regole sono un insieme di condizioni (interne o esterne) da rispettare per l'esecuzione del processo al fine di rispettarne gli obiettivi.

In figura 2 sono rappresentate le varie funzioni aziendali che aggregano più unità su cui può scorrere il flusso del processo.

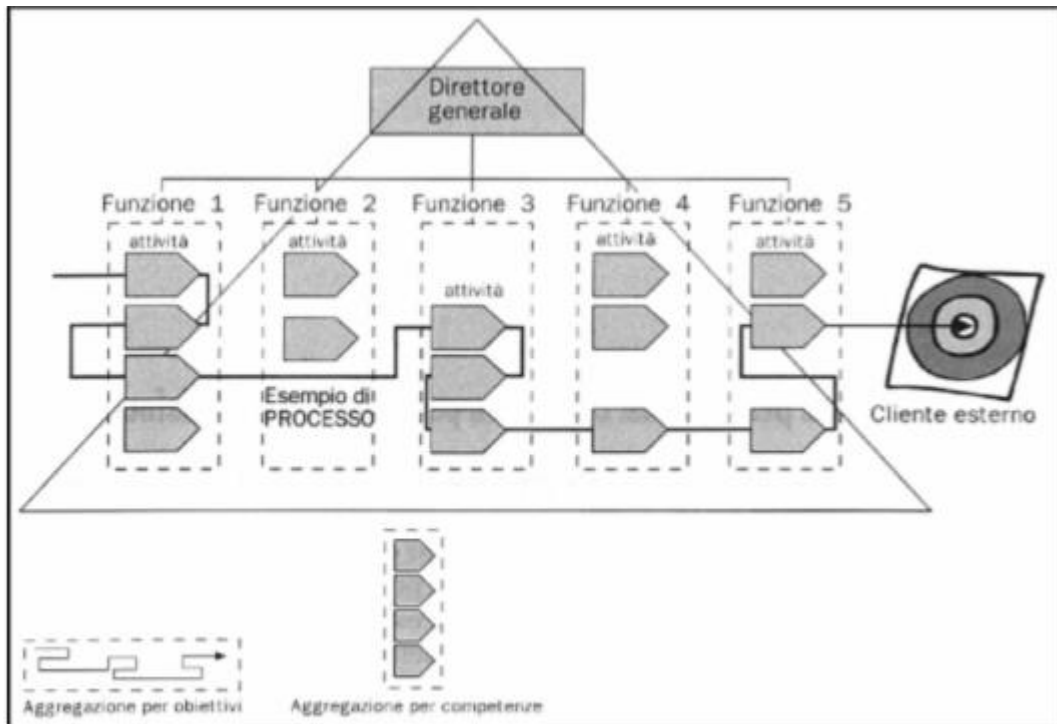


Figura 2 esempio di processo aziendale sulle varie funzioni

Il valore creato dipende dalla “catena” dei processi aziendali (Porter) e gestire un’azienda significa gestirne i processi “critici”.

I processi possono essere divisi in 3 categorie rappresentate nella piramide di Anthony:



Figura 3 piramide di Anthony

– Processi operativi: impiegati di basso livello; addetti alla produzione es. esecuzione di attività produttiva.

– Processi gestionali: manager di basso livello; decisioni e attività per la gestione ordinaria delle attività operative (es. assegnazione carico macchine).

– Processi direzionali: manager di medio-alto livello; decisioni strategiche di lunga portata (es. definizione di una strategia, apertura di un nuovo mercato, assegnazione di risorse, ...).

A livello operativo è più facile trovare attività configurabili come processi e rappresentabili in modo definito; a livello direzionale è più difficile.

Il successo di un'azienda si esprime nella ricerca di una integrazione profonda ed efficiente delle attività svolte dalle diverse unità organizzative verso il miglioramento globale dell'offerta dei prodotti e dei servizi al cliente/utente. La capacità di raggiungere e sostenere nel tempo il successo richiede, pertanto, il miglioramento continuo di tutte le attività e di tutti i processi gestionali e non soltanto delle componenti materiali e tangibili del servizio che viene proposto al cliente.

Con i dati a disposizione, un altro problema che sorge è il loro corretto utilizzo nelle analisi; i dati vanno interpretati ed elaborati con le formule corrette per il particolare contesto. Nello specifico si possono riscontrare problemi nel calcolo e nella valorizzazione delle perdite verificatesi durante il processo produttivo oppure nel calcolo delle inefficienze di vario tipo che possono presentarsi all'interno di un'azienda e delle performance di produzione.

Anche la previsione della domanda può essere una fase critica per l'utilità dei dati storici ed è migliorata dal corretto trattamento degli stessi.

CAPITOLO 2 - Come analizzare il processo produttivo

2.1 L'Azienda

Un'azienda è un sistema che opera attivamente secondo strategie per raggiungere determinati obiettivi (di gruppo, di business unit e funzionali).

Gli obiettivi sono collegati all'orizzonte temporale che può essere di lungo, medio e breve periodo. Gli obiettivi di gruppo sono quelli di lungo periodo, come ad esempio l'espansione o la diversificazione; gli obiettivi di business unit sono quelli che riguardano i prodotti e i mercati ed infine quelli funzionali sono quelli di breve periodo, che devono essere fatti giorno per giorno per mandare avanti un'azienda.

L'azienda è un sistema complesso che può essere suddiviso in sottoinsiemi come il **mercato** che cura la relazione esterna di domanda, l'immagine e la competitività dell'azienda; il settore **tecnologie/risorse** che prevede acquisizione e mantenimento delle risorse aziendali, delle attività produttive e logistiche; la **produzione**: un sottosistema importantissimo di tecnologie/risorse; il sottosistema **economico finanziario** che riguarda la rappresentazione dei fenomeni misurabili in termini monetari; il sottosistema **informativo** ovvero la comunicazione e distribuzione dell'informazione.

Il concetto dei differenti orizzonti temporali è rappresentato in [figura 4]

	orizzonte temporale	periodo	frequenza rigenerazione	livello di dettaglio	esempi
Strategico	lungo termine	anni - decenni	quadrimestrale - annuale	poco accurato	decisioni finanziarie, strategie marketing, progettazione prodotto, scelta processi tecnologici, definizione capacità, localizzazione impianti, contratti fornitori, sviluppo personale, qualità
Tattico	medio termine	settimane - anni	settimanale - mensile	accurato	schedulazione lavoro, assegnazione personale, manutenzione preventiva, promozione vendite, decisioni acquisti
Operativo	breve termine	ore - settimane	tempo reale	molto accurato	controllo flusso materiali, assegnazione operai, attrezzaggio macchine, controllo processo, controllo qualità, riparazioni macchinari

Figura 4 tabella riassuntiva orizzonti temporali di pianificazione

Un sistema di produzione può essere definito come un insieme di uomini, macchine, attrezzature ed organizzazione legati da un flusso comune di materiali e di informazioni finalizzato alla trasformazione di materiale grezzo in prodotti finiti. I processi in un sistema di produzione vengono esplicitati mediante un diagramma Idef0. Esso è stato il primo strumento che ha permesso di rappresentare in modo vero e proprio i processi in un sistema di produzione (esistono anche i diagrammi di flusso che sono uno standard ISO). È composto da una serie di scatole e ciascuna contiene una funzione. Ogni scatola è caratterizzata da input, output, regole e risorse da utilizzare. Un sistema di produzione è fatto da processi che permettono di avere il prodotto finito. I processi di lavorazione prevedono materiale ed energia in ingresso, esecuzione della lavorazione e materiale ed energia in uscita. Il flusso di materiale può essere costante, divergente o convergente: è costante quando ciò che entra è uguale in materiale a ciò che esce (esempio stampaggio), divergente quando il materiale in uscita è minore (es. asportazione di truciolo) e convergente quando il materiale in uscita aumenta (es. stampa 3D). Il flusso di energia può essere energia fornita al processo, energia trasferita al materiale, energia persa o rimossa dal materiale; il flusso di informazione riguarda dati di forma o proprietà del materiale. In [figura 6] e [figura 7] sono riportati semplici esempi dell'uso dei diagrammi.

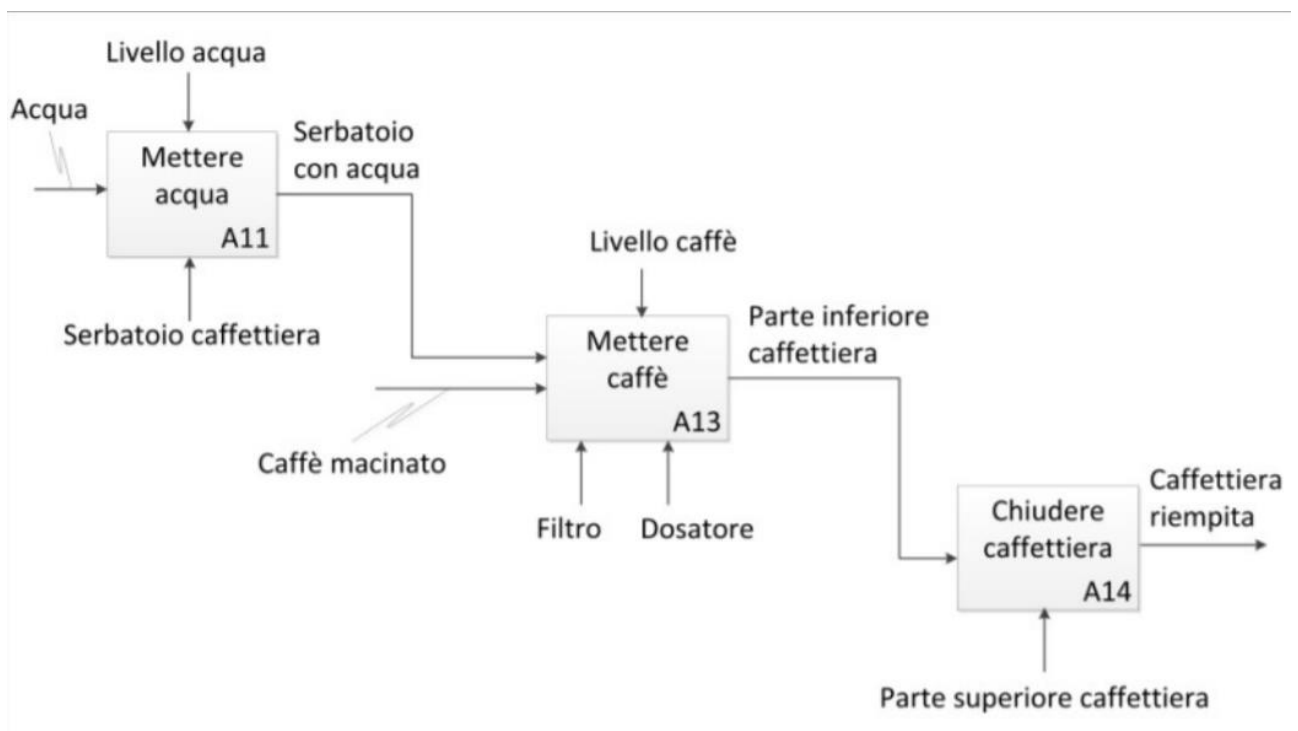


Figura 5 esempio idef0 A1 per il processo di preparazione caffè

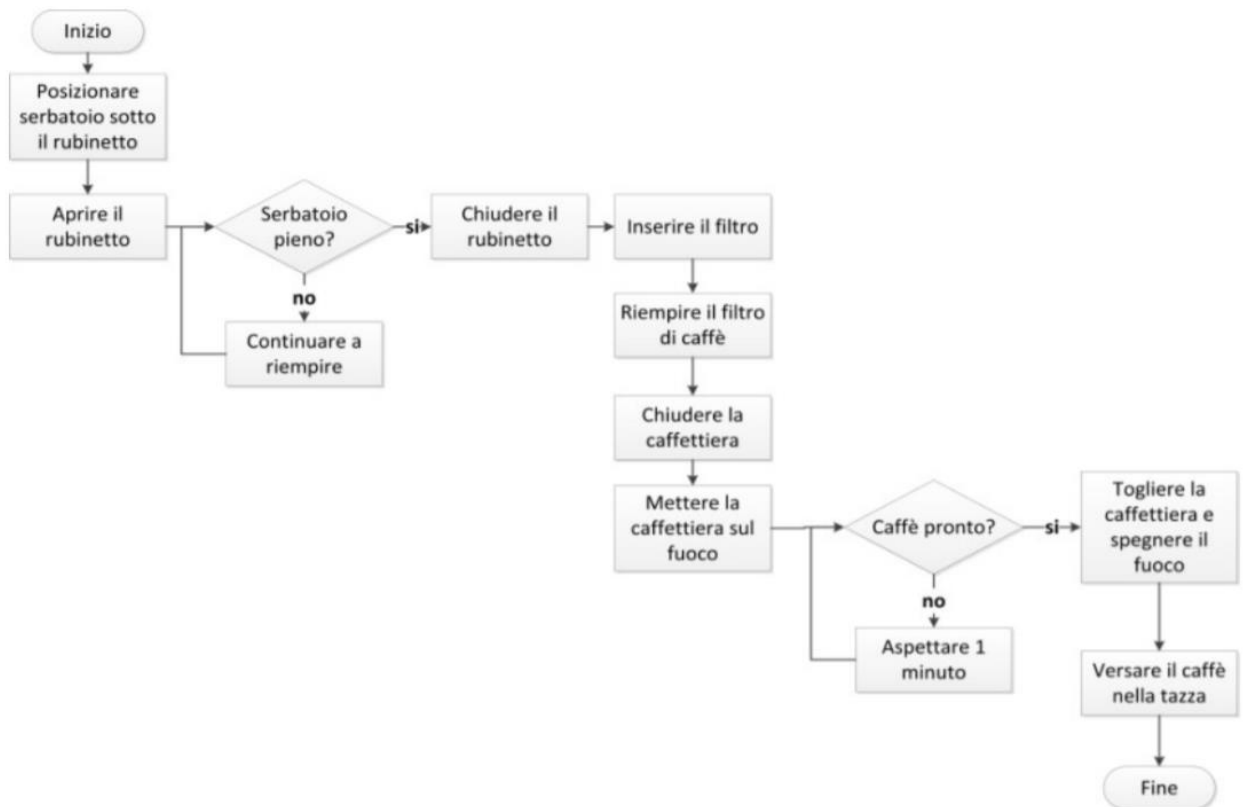


Figura 6 esempio diagramma di flusso per il processo di preparazione del caffè

Perché si ha bisogno di pianificare?

si pianifica perché si ha bisogno di tempo per eseguire le lavorazioni, bisogna avere chiari gli obiettivi da conseguire, le risorse necessarie a ottenerli; la domanda è variabile nel tempo e occorre pianificare distribuendo in modo ottimale la capacità produttiva e tenere conto dei tempi di setup (tempi di attrezzaggio della macchina).

2.2 la linea produttiva

Un sistema di produzione è una rete di processi e punti di stoccaggio attraverso cui le parti fluiscono secondo uno scopo definito. La rete è costituita da routing o linee che, a loro volta, sono costituite da processi; una stessa macchina può appartenere a routing diversi, così come potrebbe accadere anche per i punti di stoccaggio.

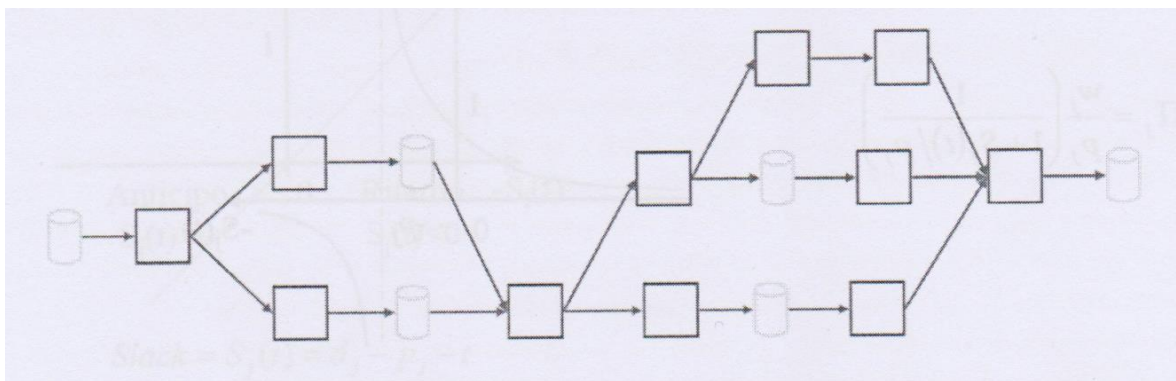


Figura 7 schema esempio linea produttiva

Nello schema della [figura 7] i singoli quadratini rappresentano le workstation mentre invece i cilindri sono i punti di stoccaggio. L'obiettivo è capire come funziona il sistema di produzione, ossia come la rete lavora e come i prodotti fluiscono lungo questa rete. Lo studio delle linee, infatti, si concentra sull'analisi della rete e dei flussi lungo le linee. Per l'analisi le condizioni sono semplificate rispetto alla realtà; si suppone che il sistema sia in regime stazionario. Analizziamo in dettaglio il sistema di produzione:

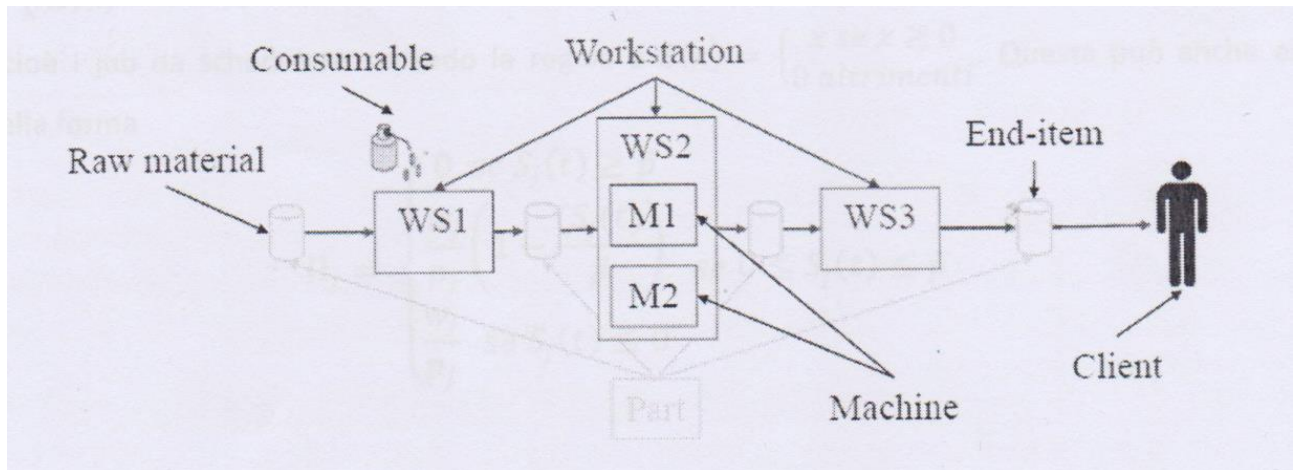


Figura 8 schema linea produttiva con workstation

Una **workstation** è l'insieme di una o più macchine che svolgono la stessa funzione; in caso di più macchine, quindi, queste sono parallele, con le stesse caratteristiche, altrimenti appartengono a stazioni diverse. In [figura 8] Possiamo poi notare i **punti di stoccaggio o buffer** dei pezzi, i quali possono essere **materie prime** (materiale grezzo acquistato all'esterno), **componenti, sotto-assemblati e prodotti finiti** (parte venduta al cliente); tutti questi componenti sono **parti**, ovvero oggetti che possiamo identificare nella distinta base del nostro prodotto. Esistono poi altri elementi necessari per la lavorazione, ma che non fanno parte della distinta base perché non entrano all'interno del prodotto, e sono i **consumable** come ad esempio il liquido lubro-refrigerante per i macchinari, gli utensili; la loro mancanza ci blocca la produzione e bisogna gestirli nella **bill of manufacturing**.

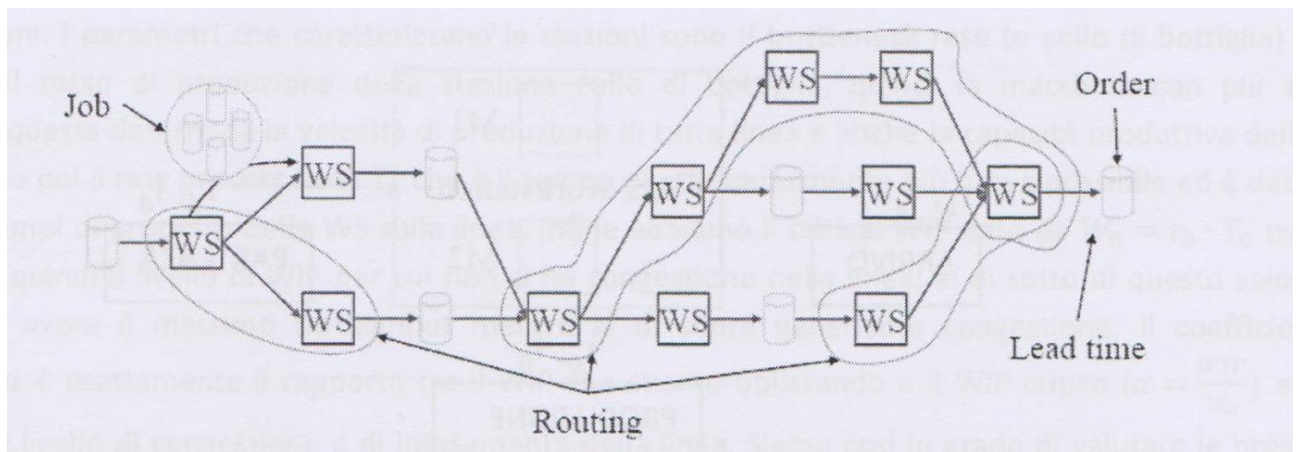


Figura 9 routings

Come mostrato in [figura 9], le nostre stazioni sono raccolte dalle **routings** che rappresentano dei flussi di prodotto, ovvero una sequenza di workstation attraversate da una parte. Ciò che innesca l'avvio della produzione è **l'ordine del cliente** ossia la richiesta di un particolare pezzo, in una certa quantità da consegnare in una data precisa; questo innesca il rilascio dei job ad inizio linea in modo che subiscano tutte le lavorazioni per arrivare a fare il prodotto finito. Per poter effettuare le lavorazioni, abbiamo disponibile un certo **lead time (LT)** ovvero il tempo assegnato per la produzione di una parte o del job sulla linea; è il tempo che intercorre tra la data di ricezione dell'ordine e quella di consegna.

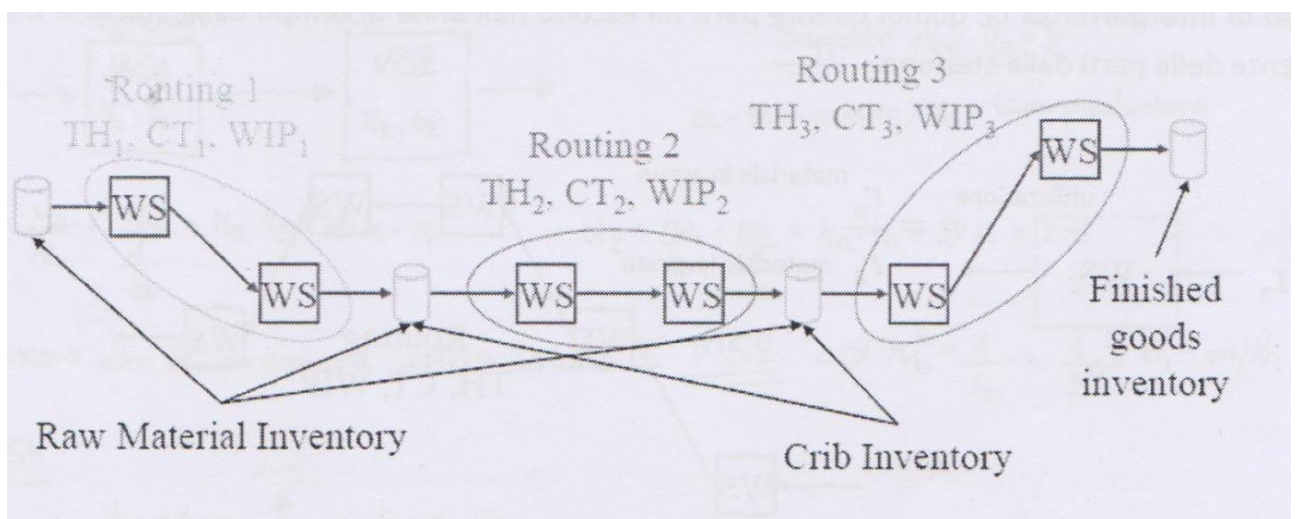


Figura 10 parametri di valutazione linea produttiva

Osserviamo la figura 10. Noi vogliamo che il tempo necessario per la produzione del pezzo sia minore del lead time, perché altrimenti bisogna ritardare la consegna. Le linee di produzione verranno valutate attraverso tre parametri: il **throughput (TH)** ovvero il numero medio di pezzi che possiamo portar fuori dalla linea, e

quindi che produciamo, nell'unità di tempo; il **tempo ciclo (CT)** ovvero il tempo impiegato da un pezzo da quando entra a quando esce dalla linea, ovvero il tempo medio trascorso dal job sulla linea; infine il **work in process (WIP)** che è il materiale mediamente presente nella linea. Tutti questi valori sono valori medi, nel senso che cambiano istante per istante. Perché siamo interessati a queste tre quantità? Perché il throughput rappresenta il guadagno dell'azienda, e siamo interessati ad avere quindi un TH in grado di soddisfare la domanda che ci si presenta; siamo interessati a valutare il tempo ciclo perché deve essere minore del lead time poiché solo in questo modo incassiamo un guadagno, altrimenti ci imbattiamo in penali oppure nella scelta di un altro fornitore al nostro posto da parte del committente/cliente; infine, siamo interessati al work in process perché questo rappresenta i costi. Abbiamo poi i buffer all'inizio e alla fine della linea, definiti rispettivamente dal **Raw Material Inventory (RMI)** e i **Finished Goods Inventory (FGI)**, da inserire nelle valutazioni delle tre grandezze. Questo perché si potrebbe avere, ad esempio, un WIP molto basso all'interno della linea avendo un magazzino prodotti finiti molto alto; avere infatti WIP alti significa sborsare un sacco di soldi in anticipo con notevoli interessi!

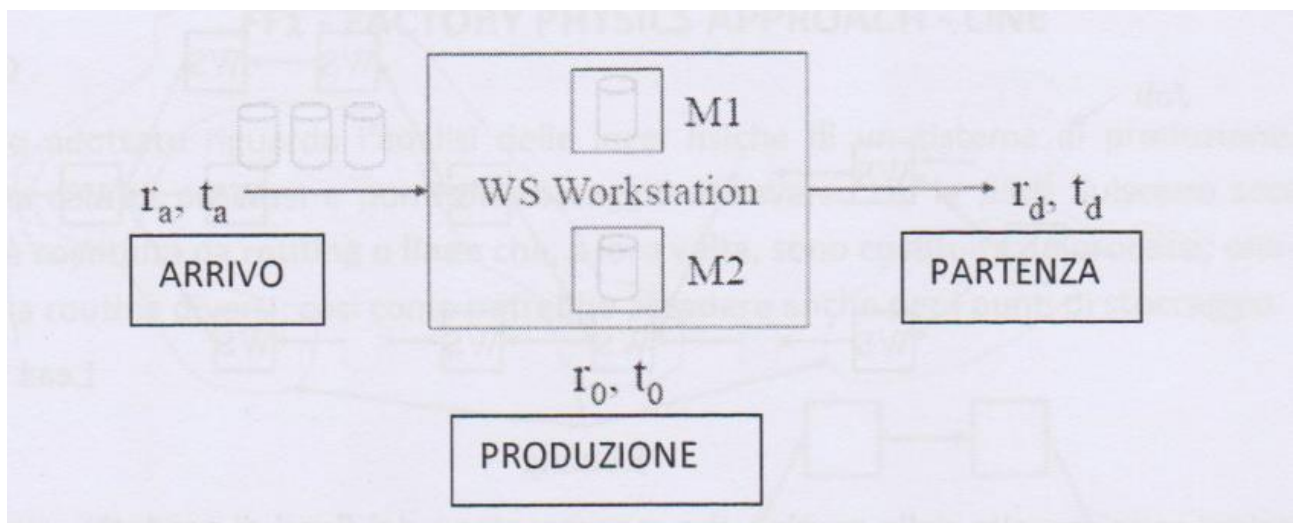


Figura 11 i 3 processi sulla workstation

I parametri che conosciamo della nostra stazione di lavoro sono quelli che descrivono i processi che agiscono sulla stessa [figura 11]. Individuiamo tre differenti processi. Il primo è quello di **arrivo** definito da un **tasso di arrivo medio** r_a (quante parti arrivano alla stazione nell'unità di tempo) e un **tempo medio di interarrivo** t_a (il tempo tra 2 arrivi di parti alla stazione), il reciproco di t_a è pari a r_a ; in formule $r_a = 1/t_a$; il secondo processo è quello di produzione in cui abbiamo un **tasso di produzione** r_0 e un **tempo medio di processo** t_0 ; questi due processi interagiscono tra di loro per generare il **tasso medio di partenza** r_d (quante parti mi escono nell'unità di tempo dalla stazione) e il **tempo medio di interpartenza** t_d (il tempo tra due partenze di parti dalla stazione).

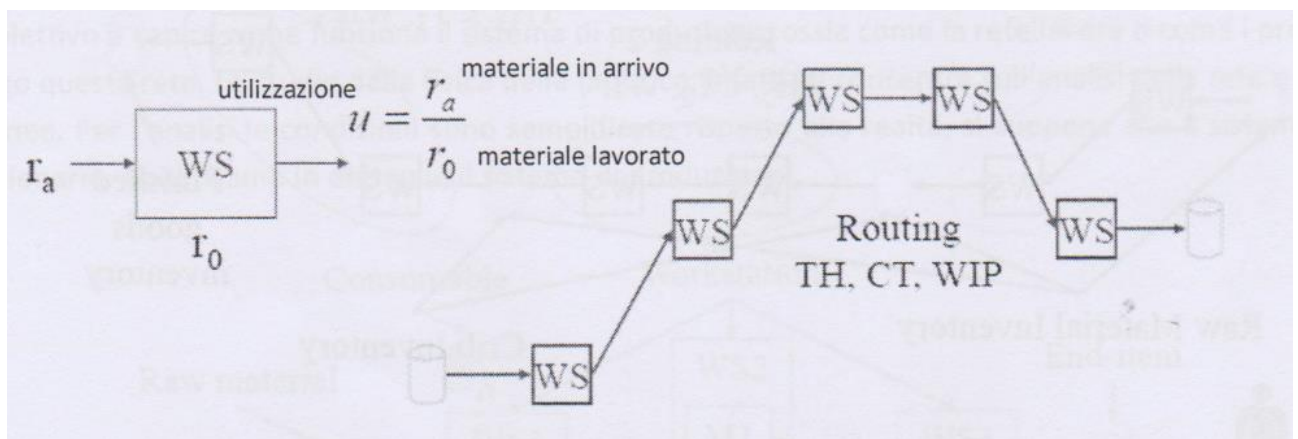


Figura 12 concetti riguardanti le WS

A seconda della tipologia di processo che stiamo utilizzando, e quindi make to order o make to stock, il soddisfacimento dei nostri clienti può essere definito da due indicatori: nel primo caso abbiamo il **livello di servizio** che rappresenta la probabilità di soddisfare il cliente ovvero la $P[CT \leq LT]$; nel secondo caso abbiamo il **fill rate** che è la frazione di ordini soddisfatta dallo stoccaggio di materiale, ad esempio quante volte il cliente trova il materiale cercato. Altri concetti importanti sono la **capacità produttiva**, che è il limite superiore del TH di un processo produttivo e quindi quanto la macchina può produrre e **l'utilizzazione** [figura 12], ovvero la frazione di tempo in cui la workstation non risulta inattiva a causa della mancanza di parti da lavorare, data dal rapporto tra il tasso di arrivo e il tasso di produzione. Non è possibile avere un'utilizzazione del 100% nel mondo reale e tanto più facciamo aumentare l'utilizzazione tanto più difficile diventa gestire il sistema. Tutti i sistemi di produzione chiedono un'utilizzazione che sia in progettazione superiore al 95% (tipicamente 98%-98.5%).

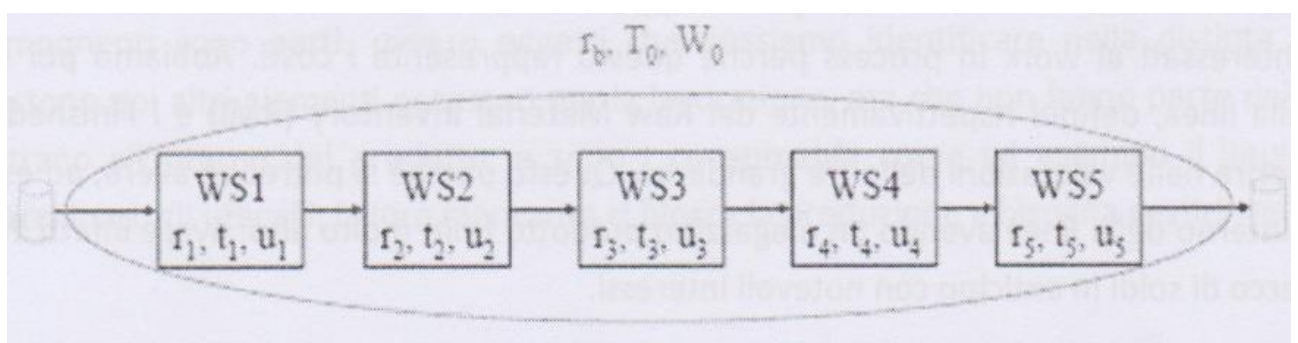


Figura 13 parametri per calcolare le prestazioni della linea

Come misuriamo le prestazioni di una linea [figura 13]? Assumiamo che tutto ciò che entra nella linea esce, quindi il tasso di arrivo sarà identico, sempre come valor medio,

su tutte le stazioni. I parametri che caratterizzano la linea sono: il **bottleneck rate** (o collo di bottiglia) r_b , che rappresenta il tasso di produzione della stazione collo di bottiglia, quindi la macchina con più elevata utilizzazione; questa determina la velocità di produzione di tutta la linea e anche la capacità produttiva dell'intera linea. Abbiamo poi il **raw process time** T_0 che è il tempo di attraversamento più breve possibile ed è dato dalla somma dei tempi di processo delle WS sulla linea. Infine abbiamo il **critical WIP** dato da $W_0 = r_b \cdot T_0$ ovvero il WIP critico e quindi il livello di WIP per cui non si ha congestione nella linea; al di sotto di questo valore non riusciamo ad avere il massimo throughput mentre al di sopra generiamo congestione. Il **coefficiente di congestione** a è esattamente il rapporto tra il WIP che stiamo utilizzando e il WIP critico ($a = WIP / W_0$) ed è un indicatore del livello di congestione o di intasamento della linea. Siamo così in grado di valutare le prestazioni della linea. Analizziamo come calcolare la stazione collo di bottiglia: essa è quindi la workstation con la più elevata utilizzazione.

-Se siamo nel caso senza resa:

supposto che il tasso di arrivo sia uguale a r e che non ci siano scarti intrinseci ($r_a = r$). immaginiamo 2 stazioni WS1 e WS2 che abbiano rispettivamente un tempo di processamento $t_1 = 1$ min e $t_2 = 2$ min; avremmo:

$$u_1 = \frac{r_a}{r_0} = \frac{r_a}{\frac{1}{t_0}} = r_a * t_0 = 1 * r = r$$

$$u_2 = \frac{r_a}{r_0} = \frac{r_a}{\frac{1}{t_0}} = r_a * t_0 = 2 * r = 2r$$

La stazione con la massima utilizzazione è WS2 con collo di bottiglia

$$r_b = \frac{1}{t_0} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ pz/min}$$

-se siamo nel caso con resa, supposto $r_a = r$ e chiamata y la resa della WS avremmo un tasso di arrivo alla stazione successiva moltiplicato per il fattore di resa y mentre $(1-y)$ sarà la percentuale di scarto. Con le stesse WS di prima avremo:

$$u_1 = \frac{r_a}{r_0} = \frac{r_a}{\frac{1}{t_0}} = r_a * t_0 = t_1 * r = r$$

$$u_2 = \frac{r_a}{r_0} = \frac{r_a}{\frac{1}{t_0}} = r_a * t_0 = t_2 * ry = 2ry$$

Il collo di bottiglia della linea è WS1 se $y < 0,5$ mentre WS2 quando la resa $y > 0,5$. Se $y = 0,5$ WS1 e WS2 hanno lo stesso comportamento.

Se cambia il mix di produzione cambia il collo di bottiglia; operativamente bisogna quindi andare a vedere dove c'è l'utilizzazione maggiore ed individuare il collo di bottiglia, la macchina individuata sarà quella che richiede attenzione nel calcolo delle prestazioni.

Matematicamente quindi non è la macchina più lenta che costituisce il collo di bottiglia (nel 99% dei casi è così) ma dal punto di vista ingegneristico è la macchina con la più alta utilizzazione.

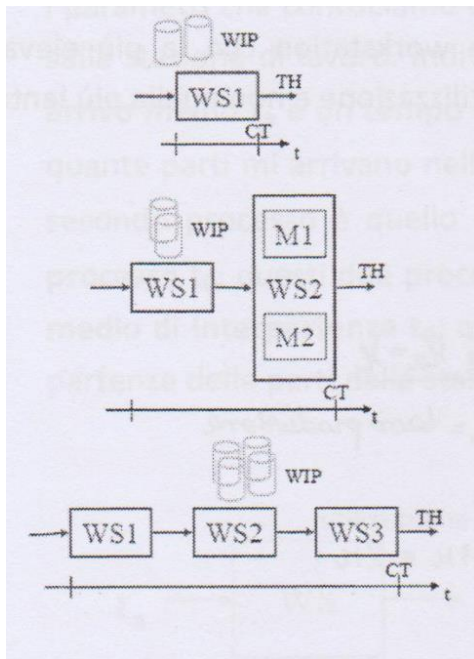


Figura 14 La legge di LITTLE

La LEGGE DI LITTLE ci dice che la quantità di pezzi che abbiamo su un qualsiasi sistema di produzione ben definito risulta essere uguale al prodotto tra il throughput, ovvero quanto il sistema può produrre, e il tempo ciclo, ovvero il tempo necessario affinché il prodotto attraversi tutto il sistema di produzione; in termini matematici abbiamo **WIP = TH · CT**. Questa è la legge fondante di qualsiasi sistema di produzione.

2.3 La stazione di lavoro (workstation)

La **variabilità** rappresenta la non uniformità di una classe di entità; consiste essenzialmente nello scostamento dalla regolarità e dalla predicibilità del comportamento del sistema. Gli elementi che possono essere caratterizzati dalla variabilità sono dimensioni fisiche del pezzo, tempi di processo, tempi di riparazione dei guasti, tempi di setup ed altri elementi ancora. Questi elementi possono essere caratterizzati tramite una variabile casuale; in statistica sappiamo

che ogni variabile casuale è caratterizzata da una distribuzione (esponenziale, normale, di Poisson...) e da una media μ e una varianza σ^2 . In una variabile casuale, la **grandezza** è misurata statisticamente tramite la media, mentre invece, la **variabilità** è misurata statisticamente attraverso la varianza o la deviazione standard. Si possono definire dei coefficienti adimensionali per classificare la variabilità di una variabile casuale: il **coefficiente di variazione quadratico (SCV)** definito come $c^2 = \mu^2 / \sigma^2$, che è quello più utilizzato, e il coefficiente di variazione (CV) dato da $c = \sigma / \mu$. Per confrontare tra loro le variabili casuali si classificano i sistemi secondo la variabilità espressa attraverso il coefficiente di variazione:

- Bassa variabilità $c \leq 0,75$ LV
- Media variabilità $0,75 \leq c \leq 1,33$ MV
- Alta variabilità $c \geq 1,33$ HV

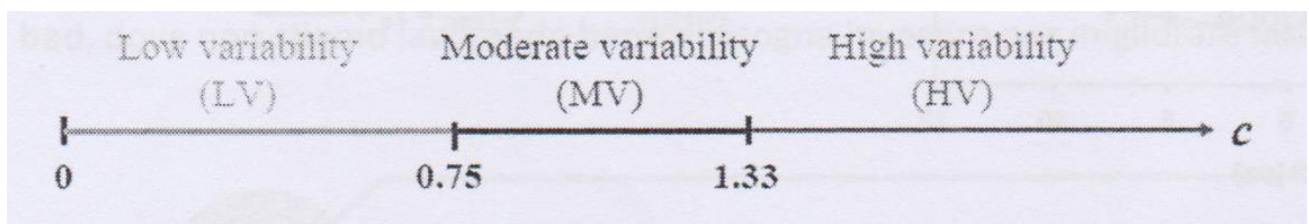


Figura 15 variabilità

Le principali cause di variabilità del tempo di processo sono la **variabilità naturale**, i **preemptive outages** (come i fallimenti della macchina), i **non-preemptive outages** (setup e cambi utensili) ed infine le **rilavorazioni**. Questi vengono detti anche **detrattori**, ovvero elementi che peggiorano le prestazioni del sistema.

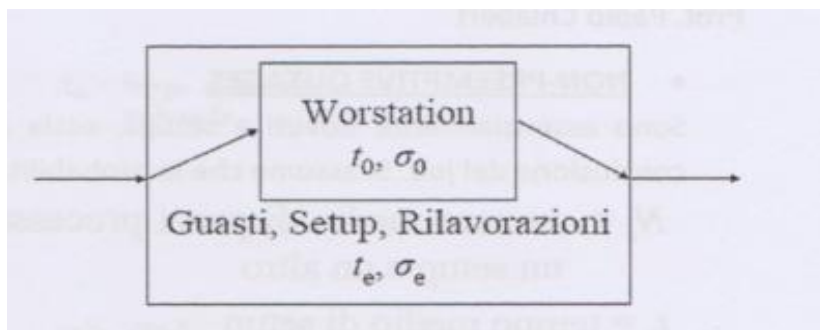


Figura 16 guasti e setup

- **VARIABILITA' NATURALE**

La variabilità naturale è la variabilità non esplicitamente associata ad una causa. La variabilità naturale del tempo di processo è in genere legata a fattori umani ma ammette anche altre sorgenti come capacità dell'operatore, variazioni dei materiali, variazione delle tipologie di prodotto e qualità del prodotto. La variabilità naturale è in genere bassa (< 0.75 ovvero LV) ed è indicata con $c_0 = \sigma_0 / \mu_0$.

- **PREEMPTIVE OUTAGES**

Questi sono guasti che possono avvenire in qualsiasi istante (ad esempio la rottura di un utensile, mancanza di consumabile) e determinano l'interruzione della lavorazione del job.

m_f = mean time to failure (MTTF)

c_f = coefficient of variability of failures times ($c_f = 1$)

m_r = mean time to repair (MTTR)

c_r = coefficient of variability or repair times ($c_r = 1$)

I guasti modificano la disponibilità della macchina definite da:

$$A = \frac{m_f}{m_f + m_r}$$

Il tempo medio effettivo di processo terrà conto della disponibilità modificata e sarà dato da:

$$t_e = \frac{t_0}{A}$$

La variabilità del tempo effettivo di processo è invece pari a:

$$\sigma_e^2 = \left(\frac{\sigma_0}{A}\right)^2 + \frac{(m_r^2 + \sigma_r^2) * (1-A) * t_0}{A * m_r} \quad \text{con } \sigma_r = c_r * m_r$$

Infine, possiamo calcolare il coefficiente di variazione quadrato del tempo effettivo di processo:

$$c_e^2 = \frac{\sigma_e^2}{t_e^2} = c_0^2 + A * (1 - A) \frac{m_r}{t_0} + c_r^2 A(1 - A) \frac{m_r}{t_0}$$

- **NON-PREEMPTIVE OUTAGES**

Sono essenzialmente dovuti a setups, ossia gli attrezzaggi, o sostituzione di utensili e consentono la conclusione del job. Si assume che la probabilità di eseguire un setup dopo ogni pezzo sia la stessa.

N_s = numero medio di pezzi processati dalla macchina tra un setup e un altro

t_s = tempo medio di setup

c_s = coefficiente di variazione del tempo di setup

Il setup incrementa il tempo effettivo di processo di ciascun job della quantità $\frac{t_s}{N_s}$.

Si ha quindi: $t_e = t_0 + \frac{t_s}{N_s}$

La varianza del tempo effettivo di processo è pari a: $\sigma_e^2 = \sigma_0^2 + \frac{\sigma_s^2}{N_s} + \frac{N_s-1}{N_s^2} t_s^2$

Mentre invece il coefficiente di variazione quadratico del tempo effettivo di processo è dato da: $c_e^2 = \frac{\sigma_e^2}{t_e^2}$

- **REWORKING FOR QUALITY**

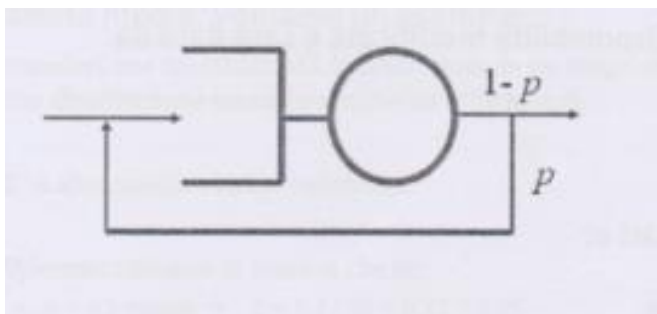


Figura 17 rilavorazioni

Siamo nella situazione in cui a valle del nostro sistema di produzione c'è un sistema in grado di rilevare il controllo della qualità del prodotto. Caratterizziamo il processo individuando la probabilità di produrre una parte difettosa ed indicandola con p . Il controllo di qualità, qualora dovesse rilevare il difetto, richiede la lavorazione del pezzo finché questa difettosità non viene eliminata. Le rilavorazioni incrementano il tempo effettivo di processo, riducono l'utilizzazione della stazione, aumentano la variabilità e quindi congestionano il sistema.

Dimostriamo questa variazione del tempo di processo: supponiamo che il processo di rilavorazione continui all'infinito (dal punto di vista analitico) fino a quando non si elimina la difettosità.

$t = t_0$	nessuna difettosità
$t = t_0 + p * t_0$	una difettosità rilevata
$t = t_0 + p * t_0 + p^2 * t_0$	due difettosità rilevate
$t = t_0 + p * t_0 + p^2 * t_0 + \dots + p^i * t_0$	

questa può essere scritta come $t_0 * (1 + p + p^2 + p^3 + \dots + p^i) = t_0 \sum_{i=0}^{\infty} p^i$
 ovvero una serie geometrica che converge a $\frac{1}{1-p}$; il tutto converge a $t_e = t_0 \left(\frac{1}{1-p} \right)$
 di conseguenza avremo che il tempo medio effettivo di processo è dato da:

$$t_e = \left(\frac{t_0}{1-p} \right)$$

La varianza del tempo effettivo di processo è data da:

$$\sigma_e^2 = \frac{\sigma_0^2}{1-p} + \frac{p t_0^2}{(1-p)^2}$$

Il coefficiente di variazione quadratico del tempo di processo è invece pari a:

$$c_e^2 = \frac{\sigma_e^2}{t_e^2} = c_0^2 + p(1 - c_0^2)$$

Anche l'utilizzazione ne risulta modificata, essa sarà:

$$u = r_a t_e = \frac{r_a t_0}{1-p}$$

- **VARIABILITA' DI FLUSSO**

La variabilità può incidere a livello di singola stazione, ma questa a sua volta può avere effetti anche sul comportamento di un'altra stazione della linea generando quella che viene chiamata **variabilità di flusso**.

La variabilità di processo su una singola stazione è un elemento negativo perché influisce sul CT e di conseguenza, se vogliamo mantenere lo stesso throughput, per la legge di Little, influirà anche sul WIP e soprattutto ridurrà l'utilizzazione della capacità della stazione; questo vuol dire che stiamo utilizzando male la capacità della macchina. Il problema grosso è che questa variabilità di processo, come detto, influisce sull'intera linea perché vengono perturbati gli arrivi alle stazioni in ingresso, e quindi già in ingresso ho elevata variabilità; di conseguenza CT e WIP delle altre stazioni sono influenzati da questa situazione e viene ridotta anche l'utilizzazione della capacità dell'intera linea. Il problema è come valutare la **variabilità in uscita** di una singola stazione.

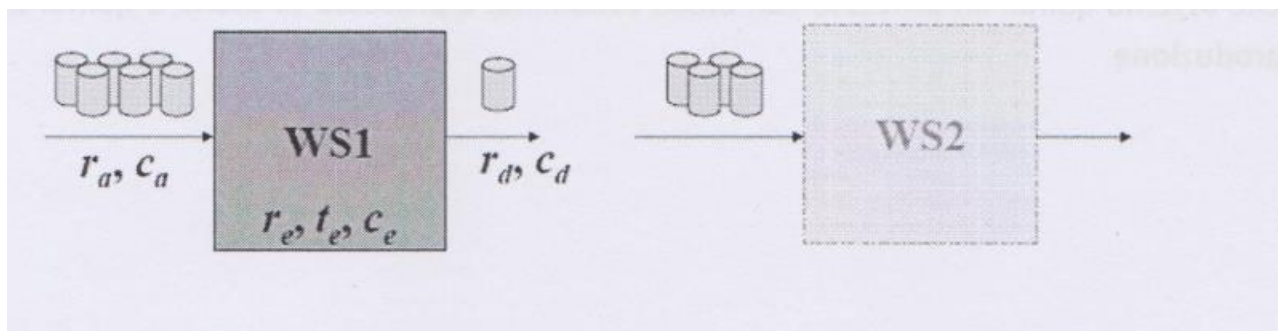


Figura 18 variabilità in entrata e in uscita da una stazione

Su una singola workstation possiamo avere tre differenti processi: **un processo di arrivo** (parametri indicati con il pedice a ovvero *arrive*), **un processo di produzione** (parametri indicati con il pedice e ovvero *effective*) e un **processo di partenza** (parametri indicati con il pedice d ovvero *departure*). Il nostro problema è capire come questi processi si mischiano tra loro. Il processo di uscita è creato dall'interazione del processo di arrivo con quello di produzione.

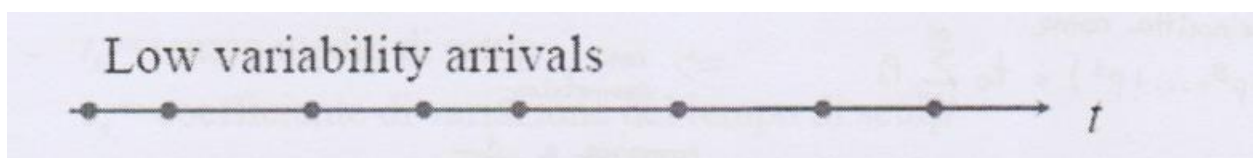


Figura 19 arrivi a bassa variabilità

Un basso coefficiente di variazione dei tempi tra gli arrivi indica arrivi regolari e uniformemente spazati. [figura 19]

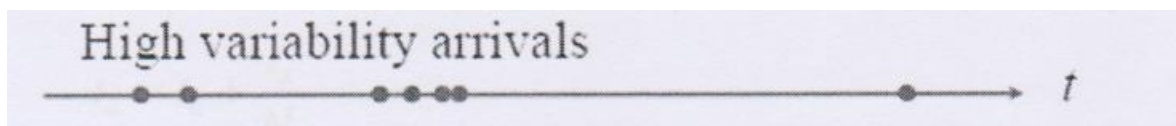


Figura 20 arrivi ad alta variabilità

Viceversa, un alto coefficiente di variazione dei tempi tra gli arrivi indica arrivi irregolari con una distribuzione irregolare. [figura 20]

Sappiamo quindi che il processo di arrivo può avere alta o bassa variabilità, così come anche il processo di produzione. Siamo interessati a capire come le variabilità di questi due processi si combinano e si propagano per dar origine al processo di partenza. [figura 21-22]

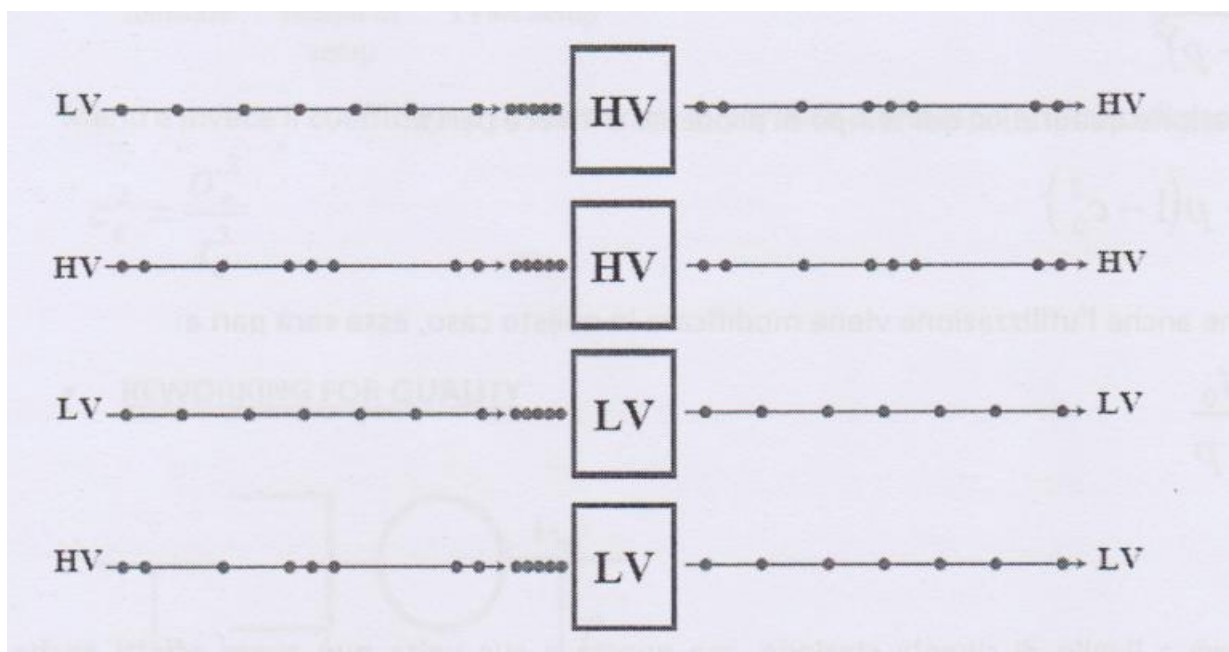


Figura 21 interazione tra processo di arrivo e produzione con alta utilizzazione

$r_a = \frac{1}{t_a}$ tasso di arrivo

t_a tempo tra gli arrivi

σ_a deviazione standard del tempo tra gli arrivi

c_a coefficiente di variazione del tempo tra gli arrivi

Nel primo caso abbiamo un' alta utilizzazione [figura 21], ovvero quasi pari ad 1 (0,99). Nella prima linea abbiamo in arrivo bassa variabilità mentre il processo di produzione ha alta variabilità, in uscita avremo quindi un processo con alta variabilità. Nella seconda linea abbiamo in arrivo alta variabilità mentre il

processo di produzione ha anch'esso alta variabilità, in uscita avremo quindi un processo con alta variabilità. Nella terza linea abbiamo in arrivo bassa variabilità mentre il processo di produzione ha anch'esso bassa variabilità, in uscita quindi avremo un processo con bassa variabilità. Infine, nella quarta linea abbiamo in arrivo alta variabilità mentre il processo di produzione ha bassa variabilità, in uscita avremo quindi un processo con bassa variabilità. **Il processo di uscita è quindi una copia del processo di produzione.**

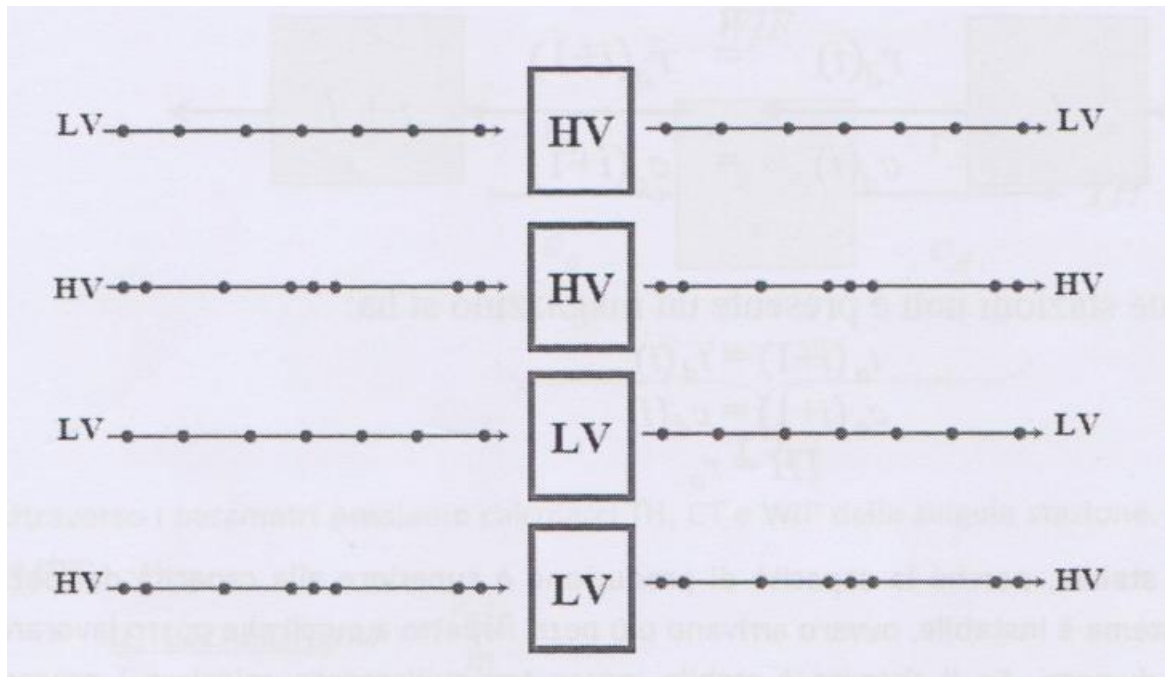


Figura 22 interazione tra processo di arrivo e produzione con bassa utilizzazione

Nel secondo caso abbiamo una bassa utilizzazione, ovvero quasi pari a 0. Nella prima linea abbiamo in arrivo bassa variabilità mentre il processo di produzione ha alta variabilità, in uscita avremo quindi un processo con bassa variabilità. Nella seconda linea abbiamo in arrivo alta variabilità mentre il processo di produzione ha anch'esso alta variabilità, in uscita avremo quindi un processo con alta variabilità. Nella terza linea abbiamo in arrivo bassa variabilità mentre il processo di produzione ha anch'esso bassa variabilità, in uscita quindi avremo un processo con bassa variabilità. Infine, nella quarta linea abbiamo in arrivo alta variabilità mentre il processo di produzione ha bassa variabilità, in uscita avremo quindi un processo con alta variabilità. **Il processo di partenza è quindi una copia del processo di arrivo.** In pratica la macchina è detta trasparente.

L'utilizzazione è quindi data da $u = \frac{r_a t_e}{m}$. Se $u \sim 1$ allora la stazione è quasi sempre occupata e i tempi tra le partenze saranno uguali ai tempi di processo, ovvero $c_d = c_e$. Se $u \sim 0$, allora la stazione non è quasi mai occupata

e i tempi tra le partenze saranno uguali ai tempi di arrivo, ossia $c_d = c_a$. Possiamo quindi usare l'utilizzazione come peso per mischiare il processo di arrivo e di produzione per generare il processo di partenza. Infatti se $0 < u < 1$ si ha che:

$$m = 1 \quad c_d^2 = u^2 c_e^2 + (1 - u^2) c_a^2$$

$$m \geq 1 \quad c_d^2 = 1 + (1 - u^2)(c_a^2 - 1) + \frac{u^2}{\sqrt{m}}(c_e^2 - 1)$$

in una linea in serie con flusso costante, senza perdite o rilavorazioni, tutto ciò che esce da una stazione entra nella successiva.

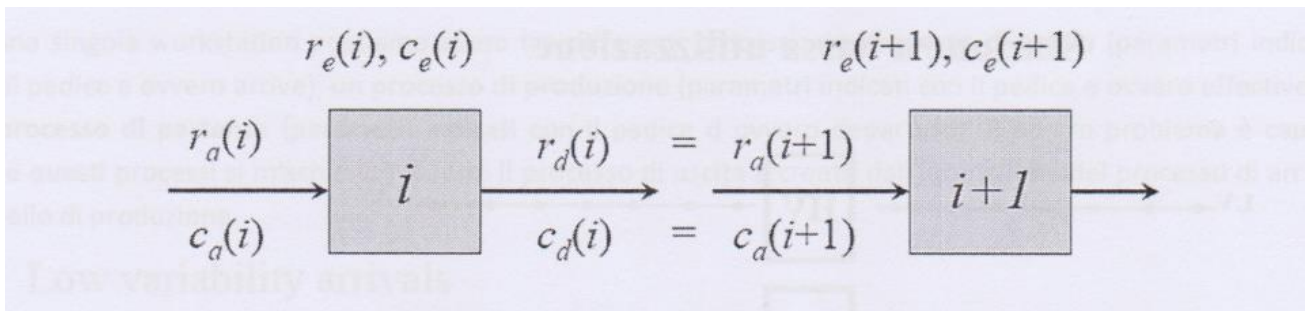


Figura 23 stazioni senza magazzino intermedio

Se tra due stazioni non è presente un magazzino si ha:

$$t_a(i+1) = t_d(i) \quad c_a(i+1) = c_d(i) \quad TH = r_a$$

Se $u < 1$ allora il sistema è stabile, perché la capacità di produzione è superiore alla capacità dei pezzi da lavorare; **se $u > 1$ allora il sistema è instabile**, ovvero arrivano più pezzi rispetto a quelli che posso lavorare e si sta creando un accumulo di pezzi. Se il sistema è stabile, posso tranquillamente calcolare i processi di partenza; viceversa non posso andare avanti senza buffer, che consentono alla linea di produrre abbassando il throughput.

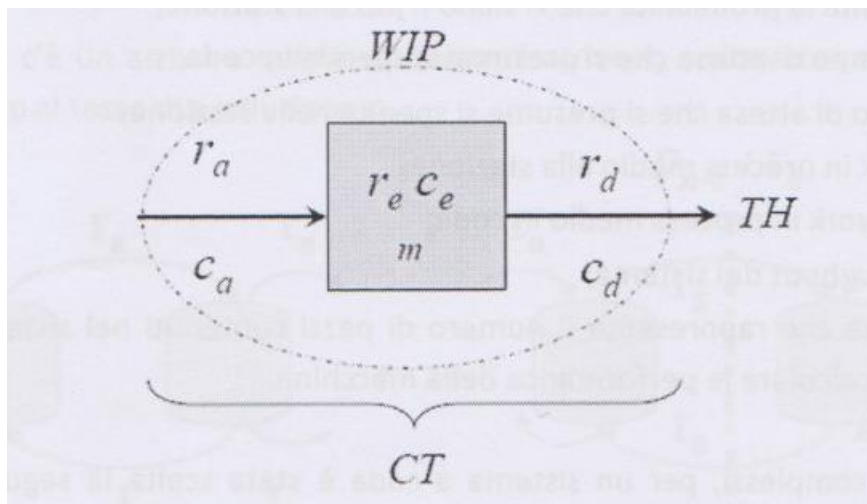


Figura 24 workstation

Attraverso i parametri possiamo calcolare TH, CT e WIP della singola stazione. Se il sistema è stabile, allora si ha che:

- utilizzazione $u = \frac{r_a t_e}{m}$
- throughput: $TH = r_a$
- tempo ciclo $CT = CT_q + t_e$

Tiene conto che quando il pezzo arriva alla macchina, trova coda e quindi considera anche il tempo ciclo in coda; questo tempo dipende dall'utilizzatore.

- Work in process $WIP = TH * CT$
- Work in process in coda $WIP_q = CT_q * r_a$

Il tempo di processo effettivo è solo il 5-10% del tempo ciclo totale in un impianto. Tutto il resto è attesa. Infatti la maggior parte del tempo passato dai prodotti nel sistema di produzione è attesa di essere lavorati.

2.4 Previsione della domanda

Le informazioni fornite dalle previsioni sulla domanda che abbiamo sulla base dei nostri clienti sono necessarie poiché per produrre abbiamo bisogno di tempo e materiali; di conseguenza si ha il bisogno di prevedere la domanda dei materiali. In linea di principio, fino agli anni '70 si pensava che fosse possibile utilizzare la previsione per tutti i materiali in magazzino. Successivamente si è visto che c'è una grossa dipendenza tra la domanda indipendente (prodotti finiti) e la domanda dipendente (materiali che compongono i prodotti finiti) questo perché una volta definita esattamente la quantità di prodotti finiti, posso conoscere necessariamente la quantità di materiali che mi servono a realizzare quel prodotto. Nel primo passo della catena decisionale si focalizzerà l'attenzione sul **forecasting**, ovvero la

previsione della domanda. Il nostro obiettivo è quindi quello di predire la domanda per scopi produttivi. È il primo passo da effettuare per produrre un prodotto. Le previsioni sono basate su tre leggi empiriche: la prima dice che **le previsioni sono sempre sbagliate**; la seconda afferma che esse **cambiano sempre nel futuro** ed è un processo che deve essere continuamente monitorato; la terza infine dice **che man mano che si guarda al futuro, più l'orizzonte è lontano, più queste sono sbagliate e meno affidabili**. Nonostante ciò che dicono le leggi enunciate, purtroppo è l'unico modo per cercare di capire come la domanda si comporta e in questi casi bisogna rendere il sistema flessibile ad eventuali cambiamenti. Per fare previsioni esistono sistemi **qualitativi**, come ad esempio il metodo Delphi, analogie ecc. e **quantitativi**, che si basano su numeri attendibili ma con orizzonti temporali limitati, come analisi di regressione o serie temporali.

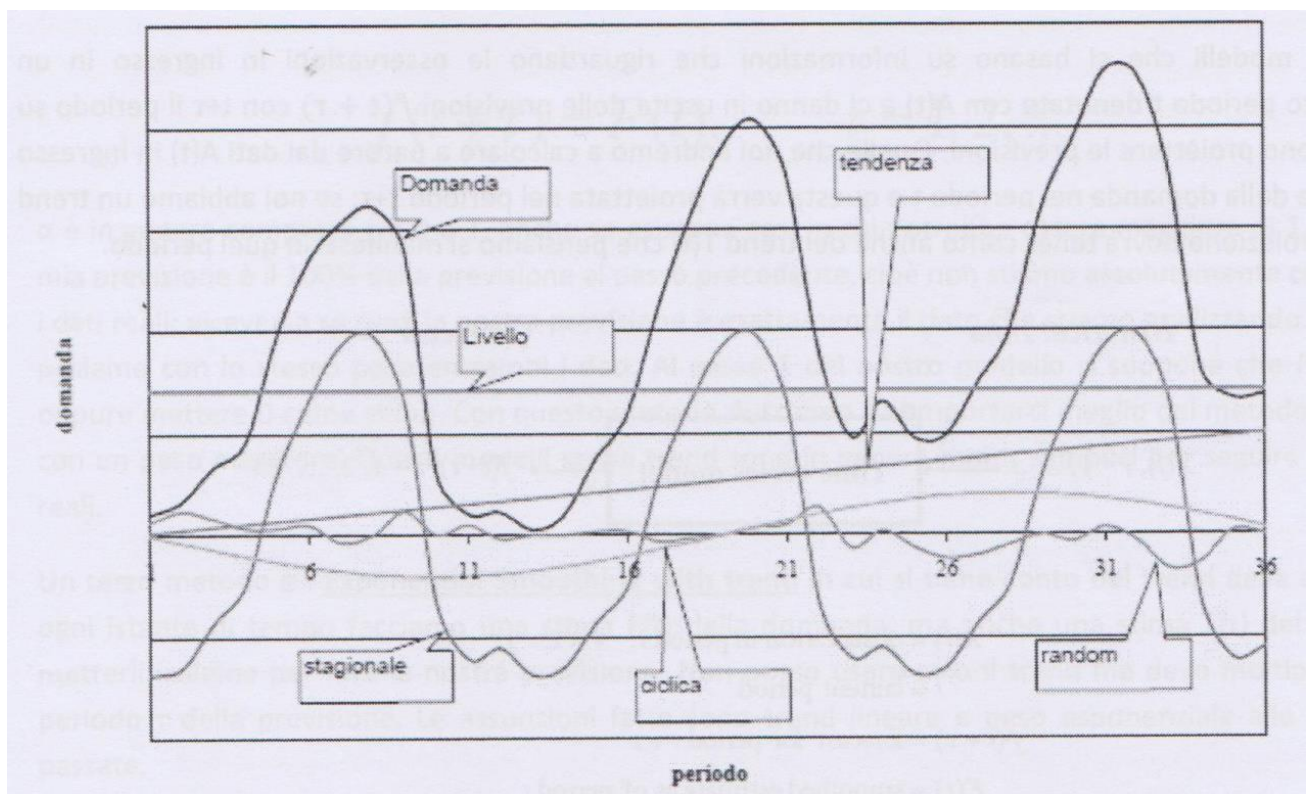


Figura 25 componenti della domanda

Il problema risulta essere come prevedere la domanda, che cosa avverrà nel futuro e come descriverne l'andamento. Esistono diversi componenti oltre la domanda. Uno è il livello o BIAS ovvero il livello base della nostra domanda; rispetto a questo livello esiste un trend. Sommando il livello con il trend si ha una curva con l'andamento della domanda. Poi abbiamo una componente stagionale, ciclica e random. La somma delle curve precedenti con queste componenti determinano la nostra domanda. Non è solo una somma ma si tratta di analizzare come questi componenti interferiscono tra loro. [figura 25]

METODI QUALITATIVI

1. **Indagine sulle intenzioni degli acquirenti:** il venditore chiede agli acquirenti il numero di prodotti che essi desiderano acquistare durante il successivo periodo;
2. **Test di marketing:** metodo preferibile quando l'azienda mette in commercio un nuovo tipo di prodotto sul mercato (fa innovazione);
3. **Sales Force Composite:** gli acquirenti ritengono che i direttori delle aree di vendita conoscano meglio di chiunque altro la domanda dei prodotti;
4. **Metodo esecutivo:** la società costituisce un comitato per le previsioni e questo dovrà riunirsi e discutere le previsioni;
5. **Metodo Delphi:** i membri che fanno parte del comitato sono sia esterni che interni all'azienda. Un moderatore fa sì che avvengano i contatti tra loro. Esso prepara i dati e le sue previsioni e le invia ai vari membri. I membri a loro volta inviano le loro stime che vengono analizzate. Questo accade finché non si è d'accordo sulle stesse previsioni.

METODI QUANTITATIVI

Utilizzano i dati che abbiamo dal passato per predire il futuro, cercano di ignorare il rumore ovvero la variabilità dei dati e si basano su delle procedure standard di previsione. Esse si basano su approcci casuali come analisi di regressione oppure sulle serie temporali.

SERIE DI TEMPO

Esse sono modelli che si basano su informazioni che riguardano le osservazioni in ingresso in un determinato periodo t denotate con $A(t)$ e ci danno in uscita delle previsioni $f(t + \tau)$ con $t + \tau$ il periodo su cui si vogliono proiettare le previsioni. Quella che si va a calcolare a partire dai dati $A(t)$ in ingresso è una stima della domanda nel periodo t e questa verrà proiettata nel periodo $t + \tau$; se esiste un trend la nostra proiezione dovrà tener conto anche del trend $T(t)$ che pensiamo si manifesti in quel periodo. [figura 26]

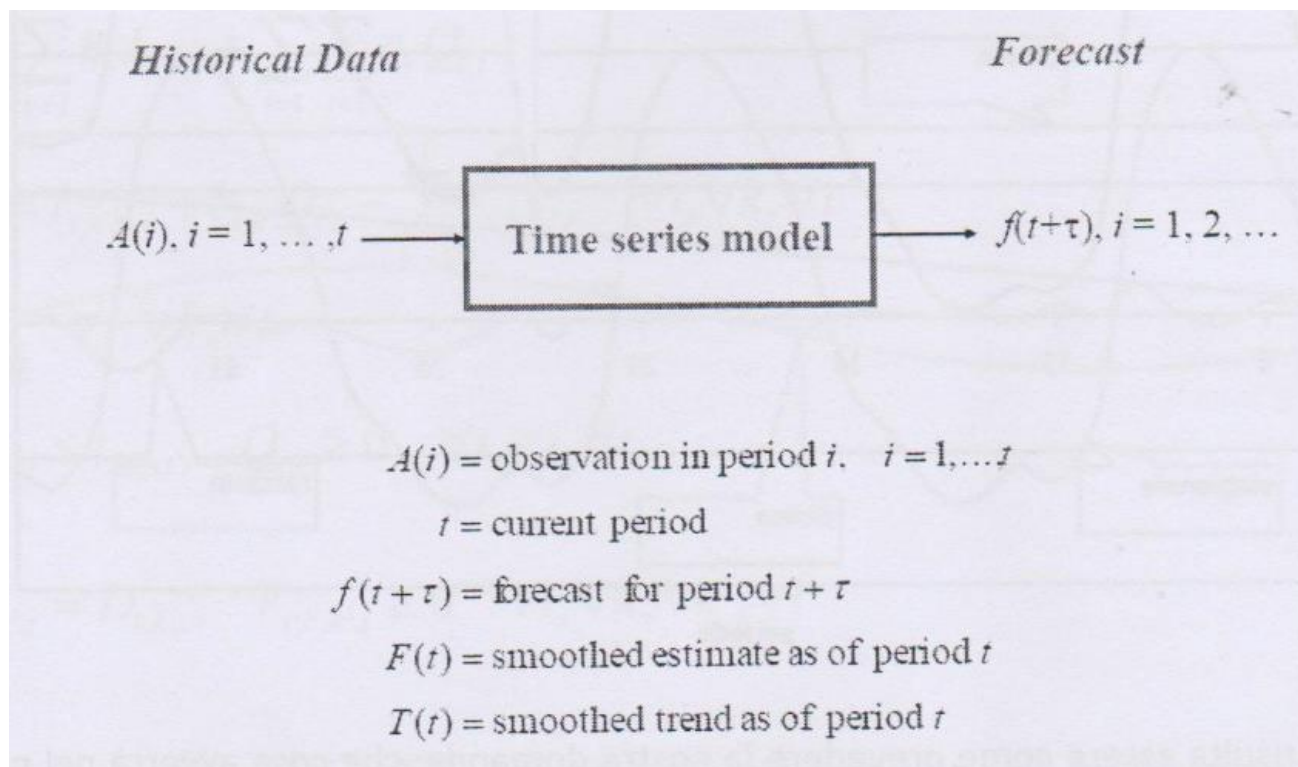


Figura 26 modello delle serie temporali

Il primo modello prende il nome di **Moving Average**, in cui supponiamo che non ci sia trend perché se il trend è in crescita la stima risulterà sempre in ritardo, se in decrescita allora risulterà in anticipo; assumiamo inoltre uguale peso per tutte le m osservazioni fatte nel passato.

$$F(t) = \frac{\sum_{i=t-m+1}^t A(i)}{m}$$

$$f(t + \tau) = F(t), \quad \tau = 1, 2, \dots$$

Il periodo della previsione dipende dal τ scelto da noi. Il moving average pesando tutti gli elementi con lo stesso peso non può essere che in ritardo o in anticipo rispetto al trend dei dati.

Il secondo modello è quello **dell'Exponential Smoothing**. Nel caso precedente tenevamo conto solo dei dati che utilizzavamo. In questo caso teniamo conto anche della stima precedente. Tenendo conto di entrambe le cose posso fare una nuova stima che sia più aderente alla realtà. Le assunzioni fatte sono: nessun trend e peso esponenziale alle osservazioni fatte nel passato.

$$F(t) = \alpha A(t) + (1 - \alpha)F(t - 1)$$

$$f(t + \tau) = F(t), \quad \tau = 1, 2, \dots$$

α è in genere compreso tra 0 e 1, anche se esistono casi in cui potrebbe essere maggiore di 1. Se $\alpha = 0$, la mia previsione è il 100% della previsione al passo precedente, cioè non stiamo assolutamente considerando i dati reali; viceversa se $\alpha = 1$ la nostra previsione è esattamente il dato che stiamo analizzando. Con $\alpha = 0.5$ pesiamo ugualmente entrambi i dati. Al passo 1 del modello si suppone che $F(1) = A(1)$ oppure si mette 0 come stima. Con questo metodo riusciamo a comportarci meglio del metodo precedente con un peso maggiore. Questi modelli senza trend sono in genere molto semplici per seguire le domande reali.

Un terzo metodo è l'**Exponential Smoothing with trend** in cui si tiene conto del trend della domanda. In ogni istante di tempo facciamo una stima $F(t)$ della domanda, ma anche una stima $T(t)$ del trend e poi si mettono insieme per fare la previsione. Non si può solo il trend ma bisogna moltiplicarlo per il periodo T della previsione. Le assunzioni fatte sono: trend lineare e peso esponenziale delle osservazioni passate.

$$F(t) = \alpha A(t) + (1 - \alpha)[F(t - 1) + T(t - 1)]$$

$$T(t) = \beta[F(t) - F(t - 1)] + (1 - \beta)T(t - 1)$$

$$f(t + \tau) = F(t) + \tau T(t)$$

Anche qui vi è bisogno di condizioni iniziali come $F(1) = A(1)$ e $T(2) = A(2) - A(1)$.

Come ultimo metodo abbiamo il **metodo di Winter per le serie stagionali**. Dapprima abbiamo stimato la domanda $F(t)$, poi il trend $T(t)$ e adesso introduciamo un fattore stagionale. Moltissimi prodotti possono avere una componente di stagionalità di cui bisogna tener conto. La componente di stagionalità può essere in genere moltiplicativa o additiva. L'insieme dei dati in ingresso presenta un andamento ciclico e quindi un qualcosa che si ripete nel tempo; in questo caso il metodo di Winter dà dei buoni risultati. La nostra serie stagionale deve ripetersi per N periodi ma almeno 3. Il fattore di stagionalità rappresenta una media tra le quantità al di sopra o al di sotto della domanda.

La serie: $F(t) = \alpha \frac{A(t)}{c(t-N)} + (1 + \alpha)(F(t-1) + T(t-1))$

Il trend: $T(t) = \beta(F(t) - F(t-1)) + (1 - \beta)T(t-1)$

Il fattore stagionale: $c(t) = \gamma \left(\frac{A(t)}{F(t)} \right) + (1 - \gamma)c(t-N)$

La previsione: $f(t + \tau) = (F(t) + \tau T(t))c(t + \tau - N)$, $t + \tau = N + 1, \dots, 2N$

Bisogna individuare un metodo per sapere se la nostra stima segue bene la domanda oppure il contrario e questo metodo non può essere altro che calcolare l'errore tra il dato rilevato e la stima fatta e bisogna tenerne conto man mano che il metodo di previsione sta lavorando. In genere quanto più il periodo di stima aumenta tanto più le previsioni potrebbero essere sbagliate, come indica la “tromba degli errori” [figura 27]

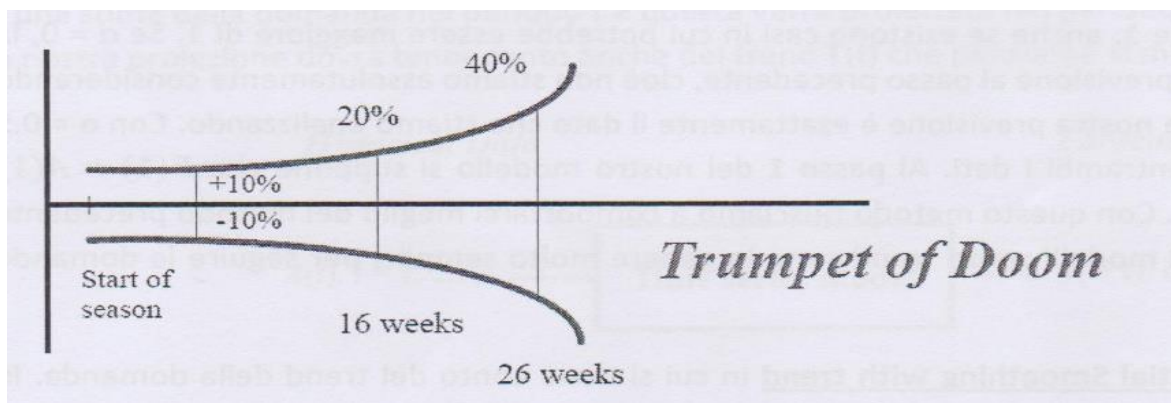


Figura 27 tromba degli errori

Possiamo fare delle stime assolute degli errori con alcuni metodi. In genere nelle stime degli errori avremo valori positivi che si compensano con valori negativi. Si dividono in errori assoluti e errori relativi: I primi sono il BIAS, che indica se le previsioni non superano ($BIAS < 0$) o superano ($BIAS > 0$) la domanda:

$$BIAS = \sum_{t=1}^n \frac{(f(t) - A(t))}{n}$$

Il MAD o Mean Absolute Deviation, che indica l'accuratezza delle previsioni in base all'evoluzione della domanda:

$$MAD = \sum_{t=1}^n \frac{|f(t) - A(t)|}{n}$$

L'MSD o Mean Square Deviation, che è simile alla varianza in una variabile stocastica

$$MSD = \sum_{t=1}^n \frac{(F(t) - A(t))^2}{n}$$

I secondi (errori relativi) sono invece: MPE e MAPE

MPE - Mean percentage error:

$$MPE = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{t=1}^n \frac{(f(t) - A(t))}{A(t)}$$

MAPE – Mean absolute percentage error:

$$MAPE = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{t=1}^n \frac{|f(t) - A(t)|}{A(t)}$$

Essi possono anche essere espressi in forma percentuale:

$$\%BIAS = \frac{BIAS}{\sum_{t=1}^n A(t)}$$

$$\%MAD = \frac{MAD}{\sum_{t=1}^n A(t)}$$

$$\%MSD = \frac{MSD}{\sum_{t=1}^n A(t)}$$

2.5 Domanda indipendente MPS

Il Master Production Schedule ovvero l'MPS rappresenta il piano di produzione di uno stabilimento. Tramite questo meccanismo si sceglie cosa produrre in termini di prodotto finito in ogni time bucket. Una volta fatto questo piano bisogna verificare però che esso sia fattibile. La pianificazione viene verificata tramite RCCP ovvero il Rough-Cut Capacity Planning che verifica la disponibilità di risorse rispetto al piano di produzione. Vediamo nel dettaglio tutti questi meccanismi.

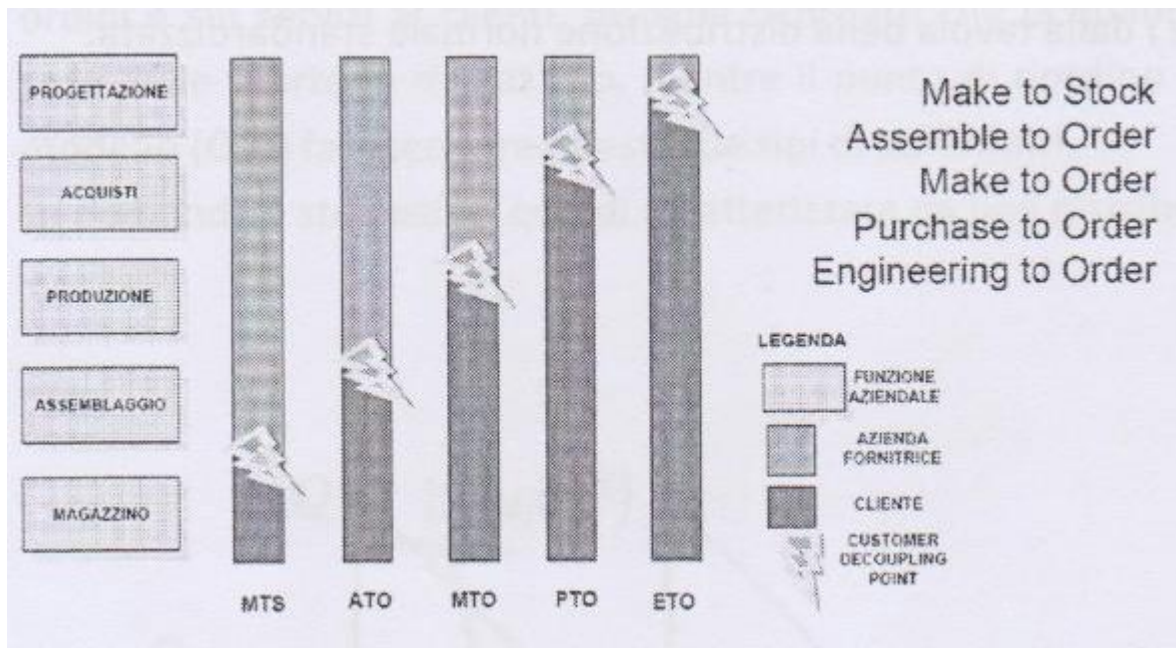


Figura 28 i sistemi produttivi

Bisogna realizzare l'MPS a seconda dei sistemi produttivi che abbiamo. [figura 28]

Nello schema possiamo vedere le varie strategie e vari reparti produttivi analizzando i punti di disaccoppiamento del cliente. Questo punto di disaccoppiamento rappresenta la parte del sistema produttivo in cui si manifesta la domanda del cliente. A seconda del punto in cui si manifesta la domanda del cliente abbiamo diversi sistemi produttivi. Parliamo di Make to Stock quando la domanda si manifesta a livello magazzino, ovvero produciamo per immagazzinare (ad esempio in supermercato) e in questo caso vi sono numerosi prodotti finiti. Nel sistema Assemble to Order vengono prodotti tutti i sotto-assemblati e poi appena si manifesta la domanda del cliente vengono messi insieme (caso della produzione di automobili). Si scivola nel sistema Make to Order quando si vuole una personalizzazione del prodotto finito ovvero la classica produzione per commessa. Nel Purchase to Order gli acquisti vengono invece stabiliti dalla domanda del cliente e infine l'Engineering to Order dove la progettazione del prodotto è basata sul cliente. A seconda del tipo di strategia la pianificazione viene fatta a livelli diversi.

Il **master production schedule** definisce, a partire da una valutazione dal piano di produzione aggregata, le quantità di prodotti finiti che devono essere prodotti nei vari time bucket. Perché non possiamo fare una copia di ciò che è contenuto nell'APP (Aggregate Production Planning)? Primo perché cambia l'orizzonte temporale; infatti nell'APP l'orizzonte temporale è annuale mentre qui dobbiamo vedere mese per mese o addirittura settimana per settimana la quantità da produrre. Secondo perché bisogna notare che le capacità dello stabilimento sono limitate e quindi non è possibile ad esempio produrre nel singolo mese ciò che è la domanda

per l'intero anno dato dall'APP; quindi devo suddividere la produzione nel tempo. L'MPS rappresenta un vero e proprio nuovo piano di produzione. Dopodiché si controlla con l'RCCP se questo piano è fattibile; se fattibile si rilascia l'MPS viceversa si va ad agire a livello delle quantità e se non si riesce anche in questo caso bisogna riprogrammare l'APP che è non fattibile.

Se lavoro con un sistema Make to Stock abbiamo un'azienda focalizzata sul prodotto; abbiamo quindi una bassa varietà di prodotti standardizzati a partire da numerose materie prime. Di conseguenza il nostro MPS viene pianificato sulla base dei prodotti finiti perché è qui dove i dati sono più attendibili, è dove si manifesta la domanda del cliente ed è dove abbiamo meno dati da trattare (le previsioni sono più attendibili e i dati più stabili). Nella produzione Make to Order noi rispondiamo con un prodotto ad una richiesta del nostro cliente. Le materie prime sono poche ma l'insieme dei prodotti finiti che possono essere realizzati sono estremamente variabili. Qui la domanda è molto variabile e di conseguenza è impossibile realizzare un MPS a livello di prodotti finiti. Ecco perché in questo caso si agisce a livello di materie prime. Infine nella soluzione intermedia ovvero nell'Assemble to Order abbiamo un numero molto elevato di materie prime dal quale poi ricaviamo un numero limitato di prodotti intermedi; l'MPS è qui pianificato al livello dei prodotti intermedi.

Fare un MPS vuol dire andare a controllare il livello del magazzino del prodotto su cui si manifesta la domanda da parte del cliente dopo il soddisfacimento della stessa. Questo non deve essere negativo. La dinamica del magazzino è data da $I_t(POH) = I_{t-1} + MPS_t - \max\{F_t, O_t\}$ dove F sono le previsioni e O gli ordini. Viene assunto il massimo tra domanda prevista e ordini acquisiti per salvaguardare la sicurezza del piano. L'obiettivo è che ogni qualvolta il magazzino diventa negativo ordino una quantità MPS e la dimensione della quantità MPS dipende dalla regola di lot-sizing. I_t viene detto **Projected on-hand inventory** ovvero il magazzino attuale.

Esiste anche però il problema di riuscire a gestire l'effettiva domanda del cliente ovvero gli ordini. Noi comunichiamo con l'MPS le quantità che devono arrivare a magazzino nelle varie settimane. Questo perché lo stabilimento deve sapere in anticipo quale sarà la sua vita futura. Non sarebbe l'ideale non riuscire a soddisfare un ordine del cliente poiché si hanno conseguenze negative per l'azienda. Ecco quindi che entra in gioco l'ATP. **L'Available to Promise (ATP)** è esattamente la quantità di prodotti finiti che ho disponibile da quando ordino la prima quantità MPS fino alla successiva quantità MPS per soddisfare eventuali nuovi ordini da parte dei clienti. Il calcolo è dato da $ATP_1 = I_0 + MPS_t - \sum_{t=1}^{nextMPS_t} O_t$ nel primo periodo perché devo tener conto del materiale in magazzino mentre negli altri periodi è pari a $ATP_t = MPS_t - \sum_{t'=t}^{nextMPS_t} O_{t'}$.

Posso accettare ordini se e solo se questi non rendono negativo l'Available to Promise. Si può avere Available to Promise poiché noi pianifichiamo anche in base al massimo tra le previsioni e la domanda e quindi se pianifico in base alle

previsioni e se esse sono corrette si può essere sicuri che prima o poi gli ordini arriveranno. Infatti quando gli ordini sono inferiori alle previsioni, vuol dire che ho del materiale in più pronto per soddisfare eventuali ordini aggiuntivi. Questo consente all'azienda di essere reattivi nei confronti della domanda del cliente. Il vantaggio sta nel fatto di poter gestire gli ordini senza intaccare il piano di produzione dell'azienda.

L'MPS può essere modificato con diversi gradi di rigidità. Lo congeliamo per minimizzare la variabilità nel nostro sistema di produzione. Le modifiche sono costose, tanto più costose quanto vengono eseguite vicino alla data di consegna: aumentare la quantità MPS causa ritardi di consegna, aumento dei costi ed esaurimento di scorte; diminuire la quantità causa inutilizzo del sistema e meno profitti. Il **congelamento** evita di pagare questi costi dovuti alla variabilità. L'MPS con il congelamento non può essere aggiornato automaticamente per un certo periodo di tempo ma ogni modifica deve essere autorizzata ed eseguita manualmente. Si cerca di avere l'MPS congelato più a lungo possibile ma si perde poi la reattività alla domanda. Il meccanismo per ovviare questo problema è l'inserimento dei **Firm Planned Orders** cioè quantità MPS che ho nel piano di produzione ma vengono eseguiti o rilasciati a seconda dello stato del sistema. Sto producendo comunque materiale che non vendo subito ma che terrò in magazzino in caso di necessità. Vi sono diversi livelli di congelamento. Nell'ordine temporale abbiamo prima un **Demand time fence** che è l'istante fino al quale l'MPS non può essere modificato, poi il **Planning Time Fence** in cui l'MPS può essere modificato manualmente. Poi l'MPS è libero. I due periodi devono essere controllati e aggiornati continuamente. [Figura 29]

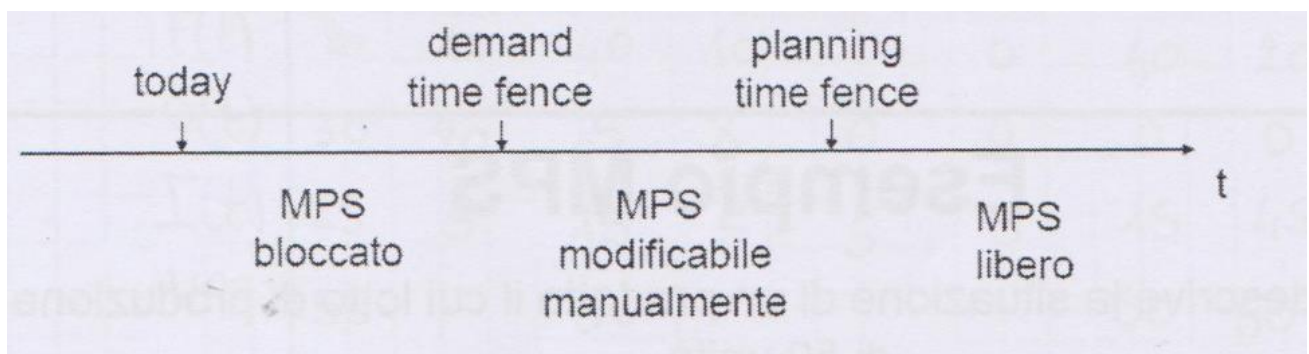


Figura 29 congelamento MPS

Una volta ottenuto l'MPS dobbiamo chiederci se esso è fattibile o meno. Qui ci viene in aiuto il **Rough Cut Capacity Planning (RCCP)**. Esso si basa sul fatto di andare a vedere quanto i diversi prodotti utilizzano risorse nei centri più critici. Dobbiamo stimare qual è il tempo di impiego per produrre un'unità di prodotto su una determinata risorsa. Per far ciò si usa una **lista delle risorse (Bill of Resource)** che contiene il tempo di processo sulle risorse critiche necessarie alla realizzazione

del prodotto finito. Si vedono la disponibilità di ore totali e qual è l'utilizzazione da parte dei prodotti secondo l'MPS.

2.6 MRP - Material Requirements Planning

I sistemi per la gestione della domanda dipendente al calcolatore sono stati sviluppati da Orlicky presso IBM nel 1972 e sono stati promossi dall'APICS. È una tecnica che calcola i fabbisogni netti dei materiali e pianifica gli ordini di produzione e di acquisto. Due sono le funzioni di un MRP ovvero **derivare** la domanda dipendente dei sotto-assemblati, componenti e materie prime a partire dal livello superiore (prodotti finiti), derivarla livello per livello e **traslare** temporalmente gli ordini in modo che, una volta che decido di assemblare tutti i componenti, questi siano tutti disponibili quando richiesto. Trasferendo e anticipando il tempo di lead time dei nostri materiali riusciamo ad avere la pianificazione temporale. L'MRP funziona sia in modalità **backward** ovvero presa la data di scadenza in cui il prodotto deve essere pronto risalgo indietro per capire quando devo far partire la produzione, oppure in modalità **forward** ovvero partendo da oggi calcolo quando posso consegnare il prodotto. Ci sono 5 operazioni che essenzialmente l'MRP esegue: **netting, lot sizing, time phasing, BOM explosion, iterate**. Il **netting** determina il fabbisogno netto del prodotto a qualunque livello esso si trovi; abbiamo una certa domanda di prodotto e dobbiamo soddisfarla, quindi produciamo il prodotto, ma prima bisogna controllare la disponibilità ed eventualmente ordinare. Di questo si occupa il **netting**. Mi dice istante per istante la quantità netta che serve per soddisfare la domanda. Il **lot sizing** scompone la domanda netta in lotti di produzione. Il **time phasing** anticipa la domanda traslando la data di consegna e determinando così la data di rilascio dell'ordine. A questo punto abbiamo pianificato la produzione di un livello, bisogna però andare a calcolare qual è il fabbisogno netto dei livelli sottostanti della distinta base esplorandola ed eseguendo l'operazione di **BOM explosion**. Queste operazioni vanno eseguite per tutti i livelli della BOM e quindi si ripetono le operazioni (**iterate**). Noi possiamo pianificare la produzione di un materiale solo quando conosciamo esattamente tutti i fabbisogni di quel materiale; questo vuol dire che ogni materiale viene pianificato una e una volta sola, ovvero quando raggiunge il suo **low level code**, ovvero il livello più basso che ha dentro la distinta base di tutti i prodotti. Di conseguenza l'MRP identifica quali sono i low level code di ogni codice e verranno pianificati solo quando saranno raggiunti quei livelli. Per eseguire un MRP serve conoscere l'MPS che ci dà le informazioni su quando avere i prodotti e sulla domanda indipendente, la **bill of material** ovvero la distinta base di ogni prodotto e infine l'**inventory record** ovvero come si muoverà la quantità di prodotto nella nostra azienda durante la produzione e questo viene fatto proprio tramite l'MRP. [Figura 30]

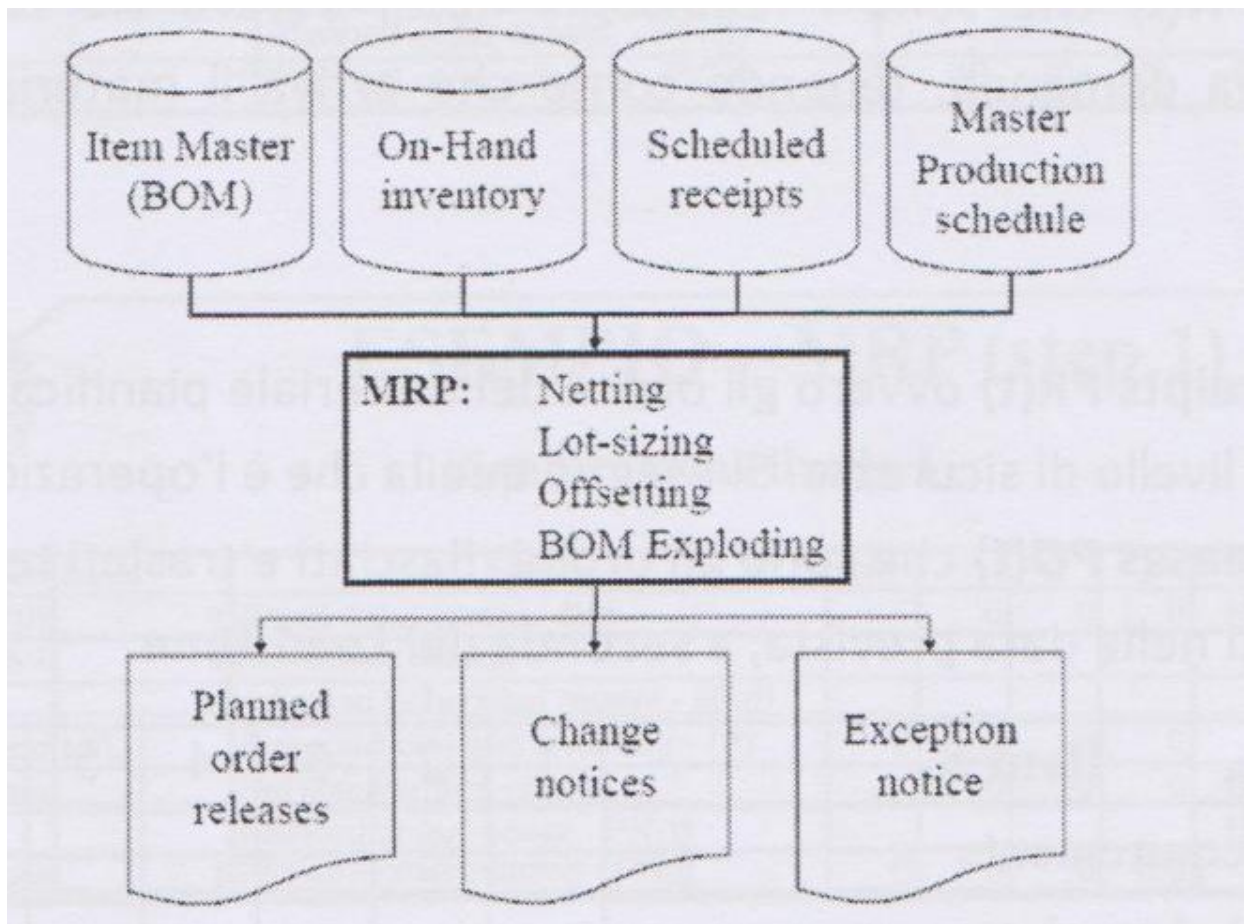


Figura 30 funzionamento MRP

La **Bill of Material** ovvero la BOM è la relazione tra il **prodotto finito** detto **end-item** e i suoi **componenti** detti **lower-level items**. Essa può essere rappresentata mediante un albero oppure tramite una tabella. Ad esempio: [figura 31]

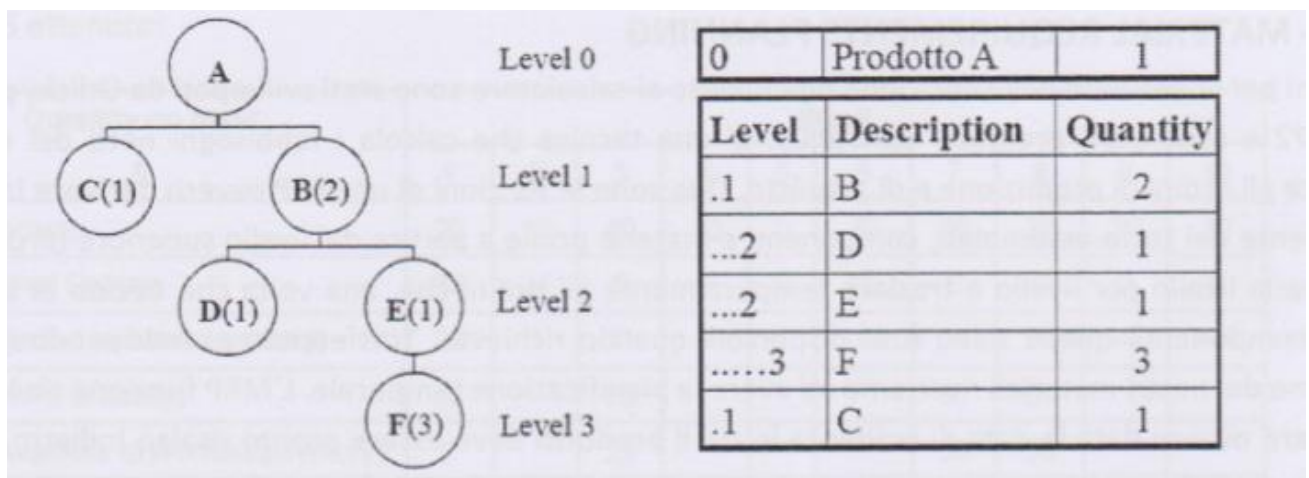


Figura 31 BOM in forma d'albero o tabellare

Nella situazione illustrate in figura 30, il prodotto finito, che è indicato con A, è composto da 1 unità di C e 2 unità di B. B è composto a sua volta da 1 unità di D e 1 di E. Infine E è composto da 3 unità di F. Partiamo quindi dal basso per assemblare il prodotto finito. La stessa informazione è contenuta nella tabella. Il low-level code indicato è l'indice del livello più basso della BOM in cui compare il componente; sarà quello il livello in cui verrà pianificato solo una volta il materiale corrispondente.

L'altro elemento fondamentale è l'inventory record. Per ciascun materiale si ha un inventory record che si prolunga nel tempo secondo l'orizzonte di pianificazione. Esso è formato dai seguenti componenti:

- Gross requirements $GR(t)$ che rappresentano i fabbisogni lordi ovvero esattamente la quantità che ci viene richiesta del materiale; essa è derivata dall'MPS nel caso del prodotto finito mentre da tutti i piani di produzione dei livelli superiori (inventory record superiori) nel caso dei componenti;
- Scheduled receipts che sono delle consegne attese, già rilasciate ma non ancora completate nel momento in cui si pianifica l'attuale inventory record;
- Adjusted Scheduled receipts $SR(t)$ sono gli scheduled receipts cosiddetti "aggiustati" ovvero sono gli $SR(t)$ che vengono anticipati o posticipati al posto di ordinare un nuovo materiale per poter venire incontro alle esigenze di produzione; utilizzo ciò che è già presente nella nostra officina di produzione per soddisfare la domanda;
- Projected on-hand inventory $POH(t)$ che rappresenta la giacenza, ovvero la quantità disponibile, in ogni time bucket. Esso è dato da
- $I(t) = I(t - 1) + SR(t) + PR(t) - GR(t)$.
- Net requirements $N(t)$ che sono i fabbisogni netti, ovvero ciò che serve effettivamente per soddisfare la domanda, tenendo conto che arrivi il materiale che serve. Esso è pari a

$$\begin{cases} 0 & \text{se } t < t^* \\ -I_t & \text{se } t = t^* \\ GR(t) & \text{se } t > t^* \end{cases}$$

- Planned orders receipts $PR(t)$ ovvero gli ordini del materiale pianificati per mantenere il livello del POH al di sopra del livello di sicurezza. Si esegue quella che è l'operazione di lot-sizing;
- Planned orders releases $PO(t)$ che sono gli ordini rilasciati e traslati temporalmente affinché questi vengano consegnati nella data prevista, a seconda del Lead Time.

Item X	1	2	3	4	5	6	7	8
Gross requirements								
Scheduled receipts								
Projected on-hand inventory								
Net requirements								
Planned receipts								
Planned order releases								

Figura 32 inventory record

L'MRP è un sistema decisamente complicato da tenere sotto controllo anche se algoritmicamente è banale. Esso deve rispondere a numerosi cambiamenti. Il problema è come e quando aggiornarlo. Bisogna ripianificare perché ci potrebbero essere nuovi ordini nell'MPS, ritardi di completamento degli ordini, problemi di qualità dei prodotti, ad esempio un numero di pezzi rotti oppure modifiche sulla distinta base (BOM). Il problema è come tenere conto di queste modifiche. Una soluzione potrebbe essere il **Regenerative MRP** che prevede di ricalcolare ogni volta l'intero MRP a partire dall'MPS ed esplodendo tutti i livelli della BOM; questa soluzione richiede molte risorse di calcolo ma elimina errori precedenti. Una seconda soluzione potrebbe essere il **Net Change MRP** che conserva la pianificazione iniziale e ricalcola l'MRP solo dei prodotti modificati; è ovviamente più veloce ma deve essere rigenerato interamente in modo periodico. Una terza soluzione è il **Top Down Planning** ovvero applica l'MRP tenendo conto dei dati modificati, MPS e scheduled receipts, e ricalcola il piano; può generare piani inammissibili, deve minimizzare i lead time e non riconosce i piani MPS non ammissibili. In ultima soluzione abbiamo un **Bottom Up Replanning** che utilizza un algoritmo di pegging, ovvero esplorare al contrario l'albero della distinta base, e i firm planned order (producono materiali indipendentemente da ordini cliente e lead time) per guidare la ripianificazione.

La complessità dell'MRP non sta quindi nell'algoritmo ma sono i dati che possono generare delle non linearità che danno luogo al **nervosismo** del sistema; ad esempio avevamo un piano che funzionava perfettamente e a causa di cambiamenti nell'MPS il piano diventa infattibile. In sostanza piccoli cambiamenti nell'MPS possono portare a grossi cambiamenti nella fattibilità del piano.

Il **pegging** associa I fabbisogni lordi agli ordini rilasciati al livello superiore della BOM (single pegging) o all'ordine cliente (full pegging). In pratica ci dice

quale prodotto o quale ordine non riusciamo a soddisfare. Per far ciò abbiamo bisogno di questo algoritmo in grado di risalire al contrario la distinta base. Per poter risalire, ad ogni ordine dobbiamo capire da dove proviene ai livelli superiori fino ad arrivare alla domanda indipendente che abbiamo pianificato. È uno strumento per gestire le non conformità o la non fattibilità del piano di produzione.

I **firm planned orders** sono gli ordini che il sistema MRP non può modificare autonomamente al variare delle condizioni. Sono degli ordini che faccio partire in produzione se sono in uno stato di criticità nel sistema di produzione, ovvero nel caso in cui non riesco a soddisfare la produzione. In caso contrario questi vengono cancellati. Servono appunto per stabilizzare il sistema.

L'MRP ha in realtà notevoli limiti: integrità dei dati rispettata al 99% e quindi non sono tollerati errori nel database dei materiali, pertanto diventa tutto non affidabile. I lead time devono essere fissi, noti a priori e costanti nel tempo, i materiali devono essere vicini al sistema di produzione; dove c'è variabilità della BOM le modifiche devono essere registrate e conservate nel tempo. La capacità produttiva non è in prima battuta considerata ed essa potrebbe generare piani inammissibili; non c'è collegamento con la contabilità e le previsioni della domanda.

L'MRP II o Manufacturing Resource Planning ha il cuore dell'MRP ma mette insieme tanti altri strumenti che consentono di gestire in modo migliore l'MRP. Utilizza l'**MPS** che guida l'MRP. Questo deve essere accurato a breve termine, può essere inaccurato nel lungo termine poiché verrà ripianificato man mano che ci si avvicina a dati reali, deve supportare la previsione della domanda, la gestione degli ordini e fare il netting rispetto alle quantità di prodotti finiti ed infine ha le zone di congelamento già nell'MPS. Dopodiché abbiamo bisogno del **Rough Cut Capacity Planning (RCCP)** per verificare che l'MPS sia fattibile. Questo lavora sulla capacità di risorse chiave, utilizza la **Bill of Resources** per capire qual è l'utilizzazione di ciascun prodotto finito, genera l'utilizzo delle risorse partendo dall'MPS e stabilisce le non fattibilità cercando o di modificare le quantità MPS, se posso dialogare con il cliente, oppure aggiungendo capacità straordinaria. Il risultato finale sarà un piano di produzione per il singolo materiale. Il **Capacity Requirements Planning (CRP)** ci dice esattamente qual è l'utilizzazione di tutti i centri di lavoro impegnati nella realizzazione di quel prodotto. Sulla base dell'MRP veniamo a conoscenza di qual è l'impiego di tutti i centri di lavoro coinvolti e quindi si riesce a valutare la fattibilità del piano. La fattibilità la possiamo solo capire dopo aver generato il piano poiché il CRP può essere fatto solo dopo che abbiamo ottenuto il risultato della pianificazione. A livello di officina di produzione ho invece il **Production Activity Control (PAC)** che permettere di controllare le linee di produzione. Tutta questa parte di controllo va

sotto il nome di **MES o Manufacturing Execution System**.

Possiamo quindi parlare di MRP e di **sistemi PUSH**. In un sistema **push** (letteralmente spingere), lo svolgimento dell'attività a monte spinge quella a valle; si ha un approccio top-down.

2.7 Calcolo dell'indice OEE

L'**OEE**, letteralmente “efficienza generale dell'impianto”, è un indicatore percentuale che rappresenta il **rendimento globale di una risorsa produttiva** o di un insieme di risorse, siano esse umane o tecniche, durante il tempo nel quale queste sono disponibili a produrre.

Nella pratica, se ad esempio il reparto X nella settimana Y è disponibile a produrre per un tempo di $5 \text{ gg} * 8 \text{ ore/gg} = 40 \text{ ore}$, allora un **OEE consuntivo** pari al 50% significa che il reparto ha prodotto materiali conformi in quantità pari alla metà della quantità massima teorica che da quel reparto ci si poteva attendere, a fronte delle risorse in esso presenti e delle 40 ore disponibili.

Come si può ben comprendere dall'esempio, l'**OEE** è l'indicatore più “esigente” ed omnicomprensivo che esista, in quanto sconta tutte le **tipologie di inefficienze** che portano ad una minore produttività: dalla mancanza di materiali alla cattiva pianificazione, dai setup ai tempi morti, dalle microfermate ai guasti, dalle rilavorazioni alle non conformità.

Come si calcola l'OEE?

In letteratura, l'**OEE** viene affrontato secondo un modello “classico” che ben si adatta all'industria di processo (o comunque, laddove esistono linee di produzione automatizzate) ma che è difficile applicare in realtà organizzate per reparti, specie se queste producono per parti discrete (pezzi), e ancor più se le lavorazioni sono manuali.

Nel corso degli anni, invece, è stata introdotta una **metodologia di calcolo innovativa** che, pur riconducendosi allo stesso modello di base, è decisamente più adatta ai tipici contesti produttivi per reparti, oppure misti reparti/linee, con produzione di parti discrete (pezzi).

La definizione di OEE “classica”:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilità} \times \text{Efficienza} \times \text{Qualità}$$

L'**OEE**, nel modello classico, è il prodotto di tre indicatori percentuali che rappresentano le tre **componenti fondamentali della performance**:

- **Disponibilità**: percentuale dell'effettivo tempo di attività rispetto a quello disponibile;

- **Efficienza (o Rendimento):** percentuale di parti prodotte rispetto alla potenzialità teorica, quando l'impianto è attivo (corrisponde alla velocità effettiva rispetto alla velocità nominale);
- **Qualità:** percentuale di parti conformi rispetto al totale delle parti prodotte.

L'OEE è quindi un numero adimensionale (%) che tiene conto delle tre principali categorie di perdite produttive:

- **Guasti, setup e attrezzaggi;**
- **Riduzione di velocità e microfermate;**
- **Scarti, rilavorazioni e perdite di resa all'avviamento.**

Come detto prima, questo modello, seppure teoricamente valido, diventa di difficile applicazione nella maggioranza dei contesti produttivi. Immaginiamo di avere ad esempio 6 reparti produttivi, ciascuno con macchine diverse, che realizzano un mix di prodotti variabile sia per tipologia che per quantità.

Spesso le aziende utilizzano dunque il seguente modello:

Il modello innovativo:

OEE = “Tempo redditizio” / Tempo disponibile

Partiamo da questo assunto: l'OEE, al pari di tutti gli indicatori di efficienza, per definizione può essere espresso attraverso un **rapporto OUTPUT/INPUT**.

Esso dà infatti una indicazione globale sulla capacità di un insieme di risorse di **produrre valore per il cliente** (output) con le **risorse produttive a disposizione** (input).

L'**input** deve essere proporzionale all'impegno che l'azienda investe nel sistema produttivo, impegno che è ben rappresentato dalla **disponibilità oraria delle risorse**, siano esse manodopera o macchine/impianti. Non a caso, entrambe le categorie di risorse tipicamente hanno costi orari ad essi associati.

L'output deve essere espresso in una unità di misura confrontabile, e cioè temporale, in modo che l'OEE risulti un rapporto di elementi tra loro omogenei, dunque una percentuale.

In questo contesto acquista valore il concetto di **tempo standard di lavoro**: è il tempo necessario per l'esecuzione di una data operazione a fronte di strumenti, metodi e procedure operative stabiliti. Il tempo standard è **definito dall'azienda** per lo specifico ciclo di lavoro, manuale o automatico che sia: è il “tempo giusto” che serve per eseguire una lavorazione, né più, né meno. In questa accezione, il tempo standard si

avvicina (anche se non è esattamente la stessa cosa) al concetto di **tempo a valore aggiunto**. Per non creare ambiguità, possiamo chiamarlo **tempo redditizio**. [figura 33]

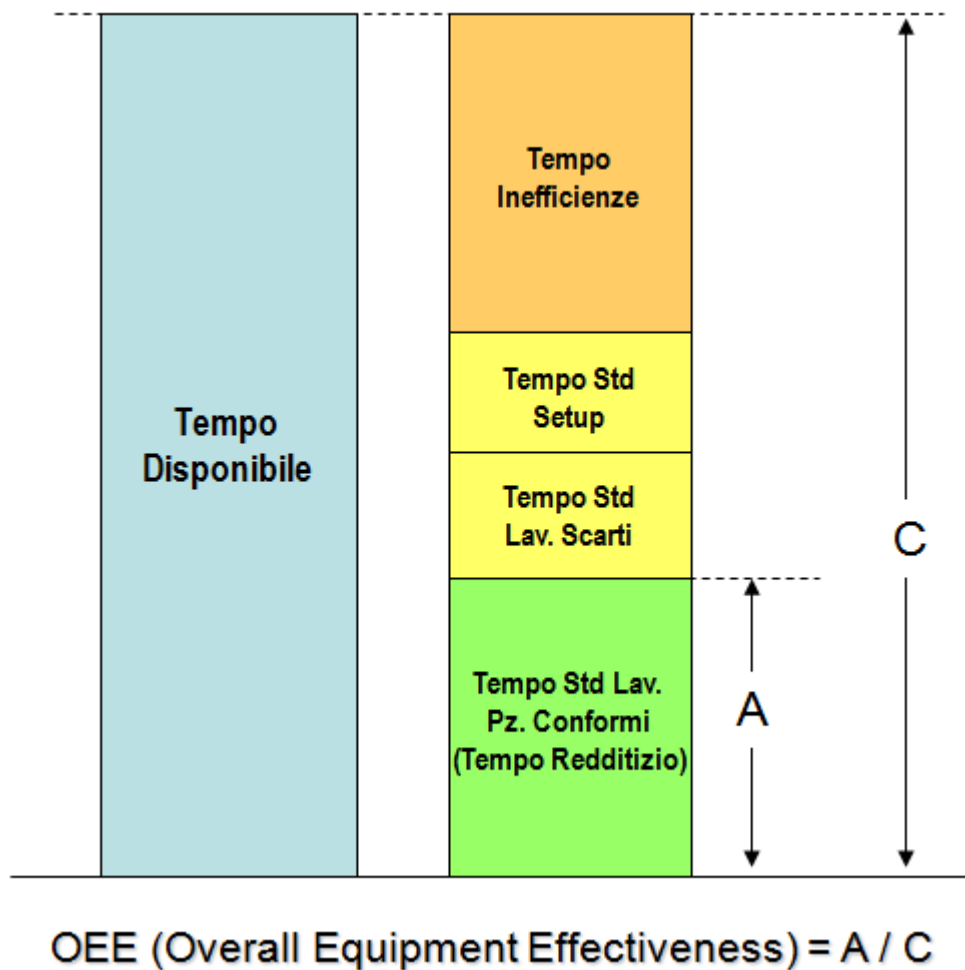


Figura 33 calcolo OEE semplificato

Il tempo standard per le attività basate su macchine o impianti a controllo numerico è tipicamente “predeterminato”, in quanto dipende dal ciclo tecnologico. Per le lavorazioni manuali, invece, questo è più complesso, in quanto per la sua determinazione è necessario avvalersi di analisi sperimentali secondo le tecniche Tempi e Metodi.

Preso quindi il tempo standard, moltiplichiamolo per il numero di pezzi processati nelle ore di lavoro considerate e otterremo il numeratore della formula (l’output). Come input, invece, useremo le ore disponibili:

$$OEE = \frac{\text{output}}{\text{input}} = \sum_{i=1}^n \frac{TstdLav * N^{\circ}Pz.Conformi}{OreDisponibili}$$

dove i = articoli del mix produttivo realizzato

Quali vantaggi si possono ottenere dall'introduzione dell'OEE?

Tipicamente, un sistema produttivo che non ha mai affrontato un progetto di miglioramento dell'efficienza si attesta su valori di OEE non superiori al 50-60%.

I migliori produttori, invece, raggiungono e mantengono nel tempo un OEE pari all'**85%**, considerato un obiettivo "world class".

Sottolineiamo il fatto che raggiungere la condizione ideale del 100% è virtualmente impossibile, in quanto rappresenterebbe un sistema che non si ferma mai e che non effettua mai attrezzaggi/setup. Se l'OEE risultasse maggiore del 100%, anzi, sarebbe sintomo di inaccuratezza del modello impostato (ad esempio, tempi standard sovradimensionati e quindi inesatti). Anche valori alti (maggiori del 70%), se rilevati in contesti che non hanno mai affrontato un processo strutturato di miglioramento dell'efficienza, devono essere validati approfonditamente.

Di quanto avremo migliorato?

Raggiungere un OEE dell'85% a partire, ad esempio, da una condizione di partenza del 60% significa aumentare l'efficienza non del 25%, bensì del 42%, in quanto la base di partenza era 60%. Nel concreto, significa produrre il 42% in più con le stesse risorse, oppure poter risparmiare il 42% di risorse a parità di produzione.

Il calcolo dell'OEE non migliora automaticamente la produttività. Esso deve essere abbinato ad un'analisi dettagliata ed accurata dei motivi alla base della ridotta produttività.

Nello studio di analisi si è cercato per quanto possibile di mantenere le formule complete per il calcolo dell'OEE:

$$O.E.E(t) = A(t) \times UE(t) \times QR(t)$$

A(t)= Availability, ovvero la disponibilità dell'impianto

UE(t) = Uptime Efficiency, ovvero l'efficienza di lavorazione

QR(t) = Quality Rate, ovvero il tasso di qualità

t = rappresenta un generico intervallo di tempo (esempio: un turno di lavoro) in cui viene condotta l'analisi.

- **Availability–Disponibilità $A(t)$**

Viene calcolata come il rapporto fra il tempo in cui la macchina sta effettivamente lavorando sul pezzo (Uptime), depurato di tutte le fermate dovute a guasti, setup manutenzioni programmate di cui si può tenere traccia (DOWN TIME) ed il tempo potenziale durante il quale la macchina potrebbe lavorare (cioè la somma di Uptime e Downtime, idealmente corrispondente all'intervallo di tempo t)

$$A(t) = \frac{Uptime(t)}{Uptime(t) + Downtime(t)}$$

- **Uptime Efficiency - Efficienza di lavorazione di macchina - UE(t)**

Questa variabile rappresenta il rapporto tra la cadenza reale della macchina e quella teorica. Cadenza reale e teorica dovrebbero essere uguali, ma molto spesso le macchine, per diversi motivi (obsolescenza, scarsa manutenzione, modifiche successive) sono più lente di quanto programmato e tendono "ad incepparsi", cioè sono soggette a microfermate della durata di pochi secondi (e quindi non ascrivibili nel DOWN TIME, perché difficilmente misurabili se la macchina è priva di PLC che ne tiene conto) che tuttavia ne inficiano l'efficienza.

Proprio perché sarebbe difficile tenere traccia delle microfermate, l'efficienza è una variabile che si calcola deduttivamente, attraverso il rapporto tra il numero di pezzi effettivamente prodotti in un intervallo di tempo di UPTIME ed il numero teorico programmato.

$$UE(t) = \frac{\text{num. Pezzi effettivamente prodotti (t)}}{\text{numero pezzi teoricamente da produrre in Uptime}}$$

- **Tasso di Qualità - Quality Rate - QR(t)**

Con questa grandezza si esprime il rapporto tra pezzi realizzati, conformi alle specifiche di prodotti, e il numero totale di pezzi effettivamente prodotti, in un dato intervallo temporale t.

$$QR(t) = \frac{\text{num. Pezzi realizzati conformi (t)}}{\text{numero pezzi realizzati effettivamente (t)}}$$

CAPITOLO 3 Caso reale – Centrale del Latte di Torino S.p.A

3.1 Storia dell'azienda

La Centrale del Latte di Torino S.p.A. viene fondata il 28 aprile 1950 grazie a un gruppo di operatori privati del settore e al Comune di Torino, con lo scopo di offrire una risposta soddisfacente alle esigenze di ordine igienico-sanitario dell'alimento, oltre a soddisfare in modo più razionale e completo il fabbisogno quotidiano di latte della popolazione cittadina.

Nell'ottobre del 1952 prende avvio in modo strutturale la produzione del latte all'interno del nuovo e avveniristico stabilimento di Via Filadelfia, esteso su un'area di 20.000 mq, con una distribuzione che raggiunge presto uno standard di 170.000 bottiglie giornaliere da litro.

L'espansione è avvenuta poi essenzialmente in 2 direzioni:

- da una parte arrivando a coprire in maniera capillare il mercato torinese del latte;
- dall'altra ampliando le tradizionali aree geografiche di distribuzione.

La cura rigorosa della produzione, la coerente diversificazione della gamma dei prodotti, una distribuzione attenta ed efficace sono gli strumenti con cui la Centrale si è guadagnata in questi anni la sua **posizione di leadership e di prestigio**.



Figura 34 sede storica della Centrale del Latte



Figura 35 imbottigliamento in vetro, foto storica

Dalla fusione per incorporazione di Centrale del Latte di Firenze, Pistoia e Livorno S.p.A. in Centrale del Latte di Torino & C. S.p.A. nasce Centrale del Latte d'Italia S.p.A., il **3° polo italiano del latte**. Un gruppo con un ampio portafoglio prodotti che copre le regioni di **Piemonte (Centrale del latte di Torino)**, **Veneto (Centrale del latte di Vicenza)**, **Liguria (Centro latte Tigullio a Rapallo)** e **Toscana (Mukki a Firenze)** [figura 36]

L'Azienda si posiziona nel segmento di mercato di fascia più alta presentando prodotti di altissima qualità ad un prezzo superiore ai competitors garantendo una lunga serie di controlli e certificazioni che portano il prodotto a meritare il motto aziendale "la qualità è Centrale"; da sempre cerca di fidelizzare il cliente al prodotto e garantisce una distribuzione capillare soprattutto a livello torinese, territorio in cui la conoscenza del marchio è prossima al 100%. Dire Tapporosso in Torino è come dire Coca Cola. Oltre alla continua crescita a livello di distribuzione nel nord e centro Italia, sempre più abbondanti sono gli ordini esteri: in particolar modo da Cina, India, Paesi Arabi.

Dopo la rivalità con Abit sul panorama Torinese e piemontese dal 1967, Tapporosso è arrivata oggi a conquistare oltre il 50% del mercato Torinese confermandosi leader nel settore.

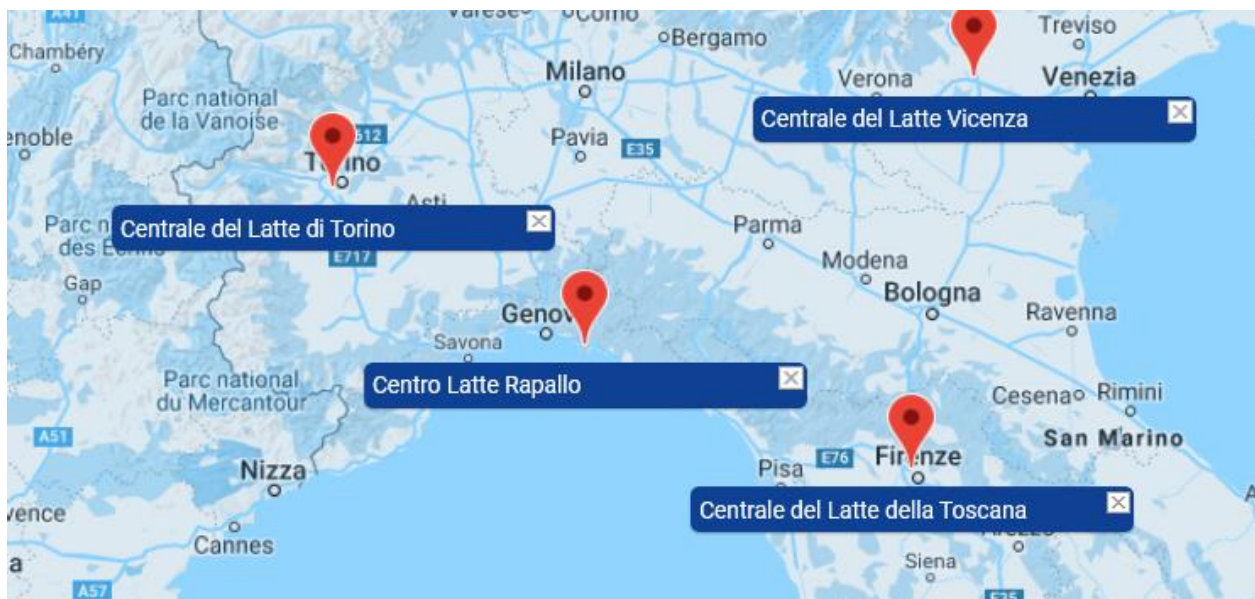


Figura 36 stabilimenti del gruppo

3.2 Suddivisione interna del gruppo e dello stabilimento di Torino

Come preannunciato il gruppo è composto da 4 differenti sedi ciascuna delle quali è specializzata nel trattamento e confezionamento di differenti prodotti. Di mio interesse è stato lo stabilimento di Torino che ha in carico pastorizzazione, e confezionamento di tutti i tipi di latte fresco, ESL e UHT presenti nei marchi di Centrale del latte d'Italia ad eccezione delle referenze di fresco in cartone (confezionate a Rapallo); i marchi piemontesi saranno poi distribuiti sul territorio mentre i marchi delle altre regioni saranno trasportati allo stabilimento di competenza e distribuiti dall'area logistica dello stesso. Ai magazzini della sede di Torino arrivano tutti i prodotti confezionati nelle altre sedi e i commercializzati (ad esempio le insalate di quarta gamma (confezionate a Casteggio).



Figura 37 alcune referenze a marchio Tapporosso

Lo stabilimento di Torino è diviso in 3 macroaree: produzione, area commerciali/marketing, amministrazione; la quarta che però è centralizzata a livello di gruppo, è l'area IT.

- La principale area di mio interesse è stata quella di **produzione** a cui fa capo il direttore Operations, Dott. Denis Avanzi, con il quale ho collaborato durante l'esperienza lavorativa.

Essa è suddivisa in pastorizzazione, confezionamento, laboratorio:

3.2.1 Pastorizzazione: qui avviene la raccolta del latte crudo che da autocisterne refrigerate [figura 38] viene depositato in appositi serbatoi in cui può sostare per non più di 48 ore; dopodiché viene centrifugato, scremato, rititolato alla corretta percentuale compositiva di grassi, pastorizzato e omogeneizzato. In base al tipo di semilavorato sono presenti diversi tank [figura 39], di cui alcuni asettici (per l'UHT) da cui poi tramite tubazioni il latte passerà per il miscelatore (caso ad esempio del latte e cacao) o direttamente riversato in linea di confezionamento.

Tutte le tubazioni sono controllate da testine pensanti che gestiscono i flussi in base alla programmazione fatta in sala controllo. La maggior parte dei cambi di semilavorato all'interno delle condutture richiede lavaggio intermedio, come è richiesto anche sui tank e comunque ad intervalli regolari in caso di inutilizzo. In carico alla pastorizzazione c'è anche il magazzino polveri che si trova vicino al miscelatore.

Nel corso delle mie attività mi sono interfacciato con l'Ingegnere Costa, responsabile della pastorizzazione.



Figura 38 autocisterne, camion di distribuzione, serbatoi latte crudo



Figura 39 tank asettici

Centrifugazione e scrematura

Con la centrifugazione le particelle più pesanti (materiale grossolano e parte delle cellule somatiche) sedimentano sul fondo e vengono allontanate, mentre le parti più leggere vengono separate (scrematura) e poi rimiscelate al latte per ottenere una determinata percentuale di grasso.

La "scrematura" si effettua a una temperatura di circa 55 °C, ottenendo la completa separazione della parte grassa (la panna). Più è lunga e intensa la centrifugazione, migliore è la separazione. Il latte magro che si ottiene ha un residuo grasso dello 0,1-0,5%. Per rimiscelazione in linea della panna si ottengono i titoli di grasso desiderati (valori imposti dalla legge per il latte alimentare):

- meno di 0,5% per il "latte scremato";
- tra 1,5 e 1,8% per il latte "parzialmente scremato";
- almeno 3,5% per il latte "intero".

Omogeneizzazione

Durante il processo di pastorizzazione o sterilizzazione, il latte può essere omogeneizzato. L'omogeneizzazione è un procedimento quasi universalmente utilizzato dalle centrali di trattamento in particolare per ridurre ed omogeneizzare le dimensioni

dei globuli di grasso, aumentando la stabilità dell'emulsione ed evitando/rallentando l'affioramento/cremaggio del grasso del latte alimentare. Il latte viene fatto passare sotto alta pressione attraverso una particolare valvola (omogeneizzatrice) in grado di spezzare i globuli di grasso e di disperderli uniformemente nel latte, costituendo così un'emulsione più stabile, ed evitando problemi di affioramento nel tempo di conservazione. Il prodotto diventa più facilmente digeribile per il consumatore, al quale è garantita uguale percentuale di grasso nel periodo di consumo.

Pastorizzazione

Grazie alle scoperte del chimico francese Louis Pasteur, riguardanti l'uccisione delle brucelle col calore (circa 70- 80 °C), è possibile oggi *pastorizzare* ovvero riscaldare il latte a temperature capaci di uccidere i microbi patogeni e gran parte della microflora saprofitica. Durante la pastorizzazione il latte viene fatto passare per tubi di uno scambiatore di calore per circa 30 secondi. Questo trattamento riduce notevolmente la carica batterica, causando minime variazioni organolettiche e nutrizionali, compensate largamente dalle condizioni di sicurezza igienica.

Tutti i trattamenti si concludono con il raffreddamento a 4 °C per ridurre lo sviluppo dei batteri; a questa temperatura il latte fresco si conserva per 6 giorni, il latte viene confezionato in cartoni, distribuito attraverso la catena del freddo (camion frigoriferi per la distribuzione in città, banco frigorifero del lattaio, e infine il frigorifero di casa).

3.2.2 Confezionamento

Costituito da 2 reparti: fresco e UHT

Il reparto del **fresco** [figura 41] è costituito da 3 linee: una per il confezionamento in bottiglie di vetro da 750 ml (referenze conservate per il cliente affezionato che da sempre ha comprato in vetro) e le altre 2 (Sidel e Serac) per il confezionamento dei formati da litro e mezzo litro in bottiglie di plastica.

Il reparto UHT [figura 40] (più di mio interesse nel percorso svolto) confeziona ESL, UHT e panne in cartone; presenta 4 linee: la A3 e la A4, linee tetrapack per il confezionamento di formato litro e mezzo litro; la A2 (EDGE) adibita al confezionamento dei formati da 200 e 250 ml e la ELPO che con aiuto manuale di operatori ha in carico i sacchi da 5 e 10 litri.

Ciascuno dei 2 reparti ha il suo magazzino interno.

Nel corso delle mie attività mi sono interfacciato con i coordinatori dei 2 reparti e tutti gli operatori sulle linee produttive.



Figura 40 reparto UHT



Figura 41 reparto fresco

3.2.3 Laboratorio

Il laboratorio svolge le funzioni di analisi; i prelievi vengono fatti già a partire dal latte crudo in entrata che è diviso in sezioni all'interno dell'autocisterna per poter distinguere la provenienza del latte non idoneo, i prelievi sono fatti anche in fase di confezionamento ad ogni ripartenza, cambio lotto, fermo o evento di qualsiasi tipo; a questi si aggiungono i prelievi dell'operatore che verifica la chiusura del pacchetto e altre non conformità tecniche ed i prelievi legali.

La Centrale del Latte per garantire alti standard qualitativi ha molte certificazioni non obbligatorie e bisogna tener conto che la qualità ha un costo che oltre al laboratorio si concretizza anche nel fatto che i prelievi sono essi stessi scarti (di prodotto finito + imballaggi, essi potrebbero essere molto significativi soprattutto su referenze da 5 e 10 litri).

Per i dati sui prelievi mi sono interfacciato con il responsabile del laboratorio.



Figura 42 laboratorio

➤ Area commerciale/Marketing

Oltre all'ufficio ordini, acquisti e commerciale, comprende anche la logistica, nel particolare durante le mie attività mi sono interfacciato con il Commerciale per quanto riguarda la previsione della domanda e con l'area marketing per alcune indagini grafiche su prodotti del marchio "Cappuccino Lovers" [figura 43].

Nel particolare è il commerciale a fare le stime sulla domanda e inviare dati sotto forma di ordini di produzione, essi vengono presi in carico dall'ufficio di Avanzi, il quale provvede alla programmazione della produzione sulle linee nei differenti slot temporali disponibili. Le richieste scaturite da MRP sono poi gestite dal magazzino per quanto riguarda gli imballi e dalla pastorizzazione per i semilavorati.



Figura 43 cappuccino lovers, grafica cartone

➤ Area amministrativa

Comprende tutto ciò che riguarda i controlli di gestione, l'amministrazione, la qualità, l'ufficio personale ed anche l'area magazzino. In quest'area mi sono interfacciato con Edoardo Pozzoli Direttore Corporate della Centrale del latte d'Italia, a cui ho presentato a intervalli di tempo l'andamento dei miei studi sulle linee produttive e con l'ingegner Francisco Garcia (Controllo di gestione).

3.3 Analisi perdite e linee

Dopo aver compreso lo spirito aziendale e il funzionamento dei vari reparti interni e delle linee produttive, la prima analisi che ho avviato è stata quella delle perdite: le perdite sono state considerate dall'inizio del percorso del latte (latte crudo) al prodotto idoneo finale confezionato, monitorando step by step tutte le fasi di pastorizzazione e confezionamento e valorizzando ad ogni step le perdite secondo il veritiero valore economico di perdita (ovvero andando a vedere esattamente la composizione percentuale del semilavorato scartato, nonché dei vari componenti dell'imballaggio) ed avendo cura di considerare solo il semilavorato (in fase di pastorizzazione) destinato

ad una determinata referenza o a più referenze che prevedono un ciclo di lavoro simile. Nel particolare come referenza più significativa (dato che ha coperto più della metà del volume di produzione della linea di confezionamento di interesse) è stata considerata la 344 ovvero il pacchetto da 180 ml di latte e nesquick [figura 44]. La referenza è prodotta dalla Centrale del Latte per conto di Nestlé, la Centrale ha in carico il reperimento di tutte le materie prime. La linea di confezionamento è la A2 (EDGE) che confeziona formati da 200 ml e 250 ml; questa particolare referenza da 180 ml colma il vuoto di 20 ml con azoto alimentare, la linea di riferimento è una linea Tetra pac [figura 45].



Figura 44 referenza 344 nestlé nesquick



Figura 45 linea A2 EDGE

Prima di calarci nel merito dell'analisi delle perdite vediamo uno schema della linea di confezionamento A2 [figura 46]. Dopo la fase di pastorizzazione, scrematura e omogenizzazione, il latte viene miscelato con un preparato a cacao e vitamine e lo zucchero; successivamente viene immesso nel tank asettico e da lì nella linea di confezionamento A2. In seguito, come si può vedere nello schema, passa per la confezionatrice dove viene impacchettato e datato, successivamente è presente un buffer per i casi di fermo di una delle WS a valle (per evitare che si fermi la confezionatrice, la quale detta la velocità di produzione e ogni suo fermo è seguito da ripartenza breve di 15 min o lunga con lavaggio per 90 min in base al periodo del fermo). A questo punto la linea può seguire due strade diverse in base al tipo di referenza (ma comunque non possono mai essere attivi entrambi i rami in contemporanea); il ramo al di sotto prevede la tappatrice e questo non è il caso della referenza nesquik, che prevede invece prima la cannucciatrice, che incolla la cannuccia al pacchetto, e successivamente la Twin pack, che lega con un nastro i pacchetti in confezioni da 3. Abbiamo infine la scatolatrice che mette insieme 8 confezioni da 3 in una scatola di cartone che verrà poi spedita tramite nastro trasportatore al palettizzatore che darà origine ai palet da caricare successivamente sui camion.

Nello schema sono stati indicati anche il tasso di produzione, il tempo di processamento e l'utilizzazione. Non abbiamo macchine in parallelo ($m = 1$) le WS successive alla confezionatrice possono essere impostate a velocità del 20% superiore per permettere eventualmente al buffer di svuotarsi dopo un fermo che ne ha causato il riempimento.

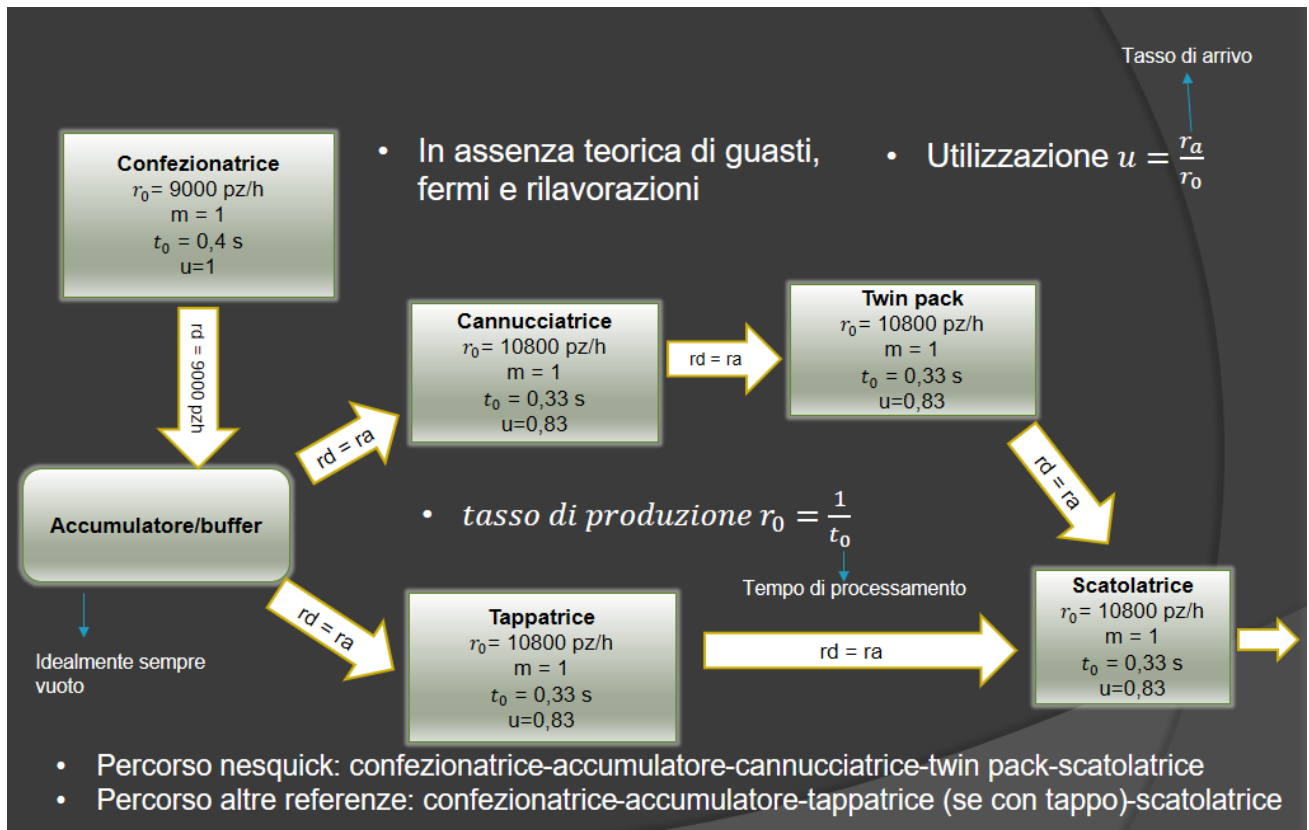


Figura 46 schema linea A2 Edge

Entriamo ora nel merito della raccolta e analisi dei dati e del calcolo delle perdite; per la raccolta dei dati sono stati utilizzati strumenti di misura come contalitri e bilance in pastorizzazione e dati in parte dei macchinari e in parte raccolti dagli operatori per la parte di confezionamento; su fogli di calcolo excel sono stati impostate tutte le formule necessarie sugli scarti, il valore monetario e gli indici.

giorno	LITRI latte pastorizzato in entrata su (33+34)	LITRI perdita (latte bianco) riempimento/sv uotamento almix (33+34) (stimato)	perdita in euro	% perdita percentuale	LITRI uscita da miscelatore di latte e nesquik	LITRI latte e nesquik in entrata VTIS	LITRI perdita tra miscelator e e VTIS	perdita in euro	% perdita percentual e	LITRI latte e nesquik in uscita VTIS	LITRI perdite VTIS	perdita in euro	% perdita percent uale
19/09/2018	30.400	400	120	1,32%	31.366	30.966	400	228	1,28%	30.764	202	115	0,65%
20/09/2018	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	
21/09/2018	30.400	400	120	1,32%	31.366	30.896	470	268	1,50%	30.696	200	114	0,65%
22/09/2018	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	
resoconto settimana 36	60.800	800	240	1,32%	62.732	61.862	870	496	1,39%	61.460	402	229	0,65%
26/09/2018	30.400	400	120	1,32%	31.366	31.038	328	187	1,05%	30.836	202	115	0,65%
27/09/2018	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	
28/09/2018	30.400	400	120	1,32%	31.366	31.030	336	192	1,07%	30.444	586	334	1,89%
29/09/2018	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	
resoconto settimana 37	60.800	800	240	1,32%	62.732	62.068	664	378	1,06%	61.280	788	449	1,27%
02/10/2018	30.400	400	120	1,32%	31.366	30.990	376	214	1,20%	30.788	202	115	0,65%
03/10/2018	15.200	200	60	1,32%	15.683	15.600	83	47	0,53%	15.440	160	91	1,03%
04/10/2018	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	
05/10/2018	30.400	400	120	1,32%	31.366	31.014	352	201	1,12%	30.812	202	115	0,65%
06/10/2018	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	
resoconto settimana 40	76.000	1.000	300	1,32%	78.415	77.604	811	462	1,03%	77.040	564	321	0,73%
18/10/2018	27.400	400	120	1,46%	28.229	27.926	303	173	1,07%	27.726	200	114	0,72%
19/10/2018	15.200	200	60	1,32%	15.683	15.590	93	53	0,59%	15.390	200	114	1,28%
20/10/2018	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	
resoconto settimana 42	42.600	600	180	1,41%	43.912	43.516	1.207	688	2,75%	43.116	400	228	0,92%
25/10/2018	30.400	400	120	1,32%	31.366	30.954	412	235	1,31%	30.360	594	339	1,92%
26/10/2018	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	
27/10/2018	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	
resoconto settimana 43	30.400	400	120	1,32%	31.366	30.954	412	235	1,31%	30.360	594	339	1,92%

Figura 47 tabella di analisi perdite (1)

Come si può notare dalla [figura 47] l'analisi è stata eseguita su tutte le giornate in cui si è prodotta la referenza in questione; per 3-4 giorni a settimana la linea A2 ha lavorato esclusivamente con nesquik per tutte le ore lavorative più eventuali straordinari. Sono presenti inoltre i resoconti settimanali.

Questa è la prima parte della tabella, il primo dato indica quanti litri di latte destinati al nesquik sono stati caricati e preparati nei serbatoi 33 e 34; le prime perdite si hanno sulla miscelazione del latte scremato UHT con il preparato al cacao (in particolare nel riempimento e nello svuotamento); è un valore fisso dovuto al procedimento stesso. E' necessario evidenziare infatti che ogni volta che si va a riempire una condotta con il latte, esso a forti pressioni deve prima spingere via il liquido residuo di pulizia (acqua) e questo genera una miscelazione di acqua e latte che deve essere scaricata e scartata fino alla certezza di avere 100% latte all'interno del tubo, è quindi uno scarto sistematico temporizzato. La colonna seguente valuta la perdita in euro valorizzata come latte bianco scremato all'1% (che è ciò che si perde in questo passaggio).

Le perdite percentuali sono invece calcolate sempre rispetto allo step precedente, in modo da essere confrontabili e poter vedere alla fine dell'analisi dove effettivamente si hanno le perdite % superiori e quindi dove è necessario agire per diminuirle. Questo perché se io andassi a considerare le perdite sempre rispetto al dato iniziale in entrata, troverei percentuali di perdita più elevate sui primi passaggi, ma risolvendo i problemi in quel punto, parte del risparmio andrebbe poi scartato negli step successivi; a questa considerazione va inoltre aggiunto che in fasi finali il prodotto lavorato ha un valore monetario superiore a parità di volume rispetto alle fasi iniziali.

Il motivo per cui in queste prime fasi non si ha un processo effettivo in tutte le giornate considerate è che il semilavorato viene preparato in quantità sufficiente a 2 giornate di confezionamento (il rimanente tra 1 giorno e l'altro viene conservato nel Tank asettico 721).

Si ha poi il valore in litri in uscita dal miscelatore (da qui comincia ad essere latte e cacao composto per il 7% del volume da preparato al cacao, questo giustifica l'aumento di volume rispetto al passaggio precedente nonostante le perdite).

Il valore successivo è dato dal contalitri in entrata sul VTIS con le relative perdite tra miscelatore e VTIS; infine abbiamo un contalitri in uscita dal VTIS che ci consente di valutare le perdite interne al VTIS per differenza.

Il VTIS [figura 48] rappresenta da molto tempo la massima innovazione nel trattamento UHT diretto di prodotti asettici di alta qualità. Si tratta di un'unità di trattamento asettico per il trattamento UHT continuo con iniezione diretta di vapore. È principalmente adatta a prodotti a bassa acidità sensibili al calore come il latte.

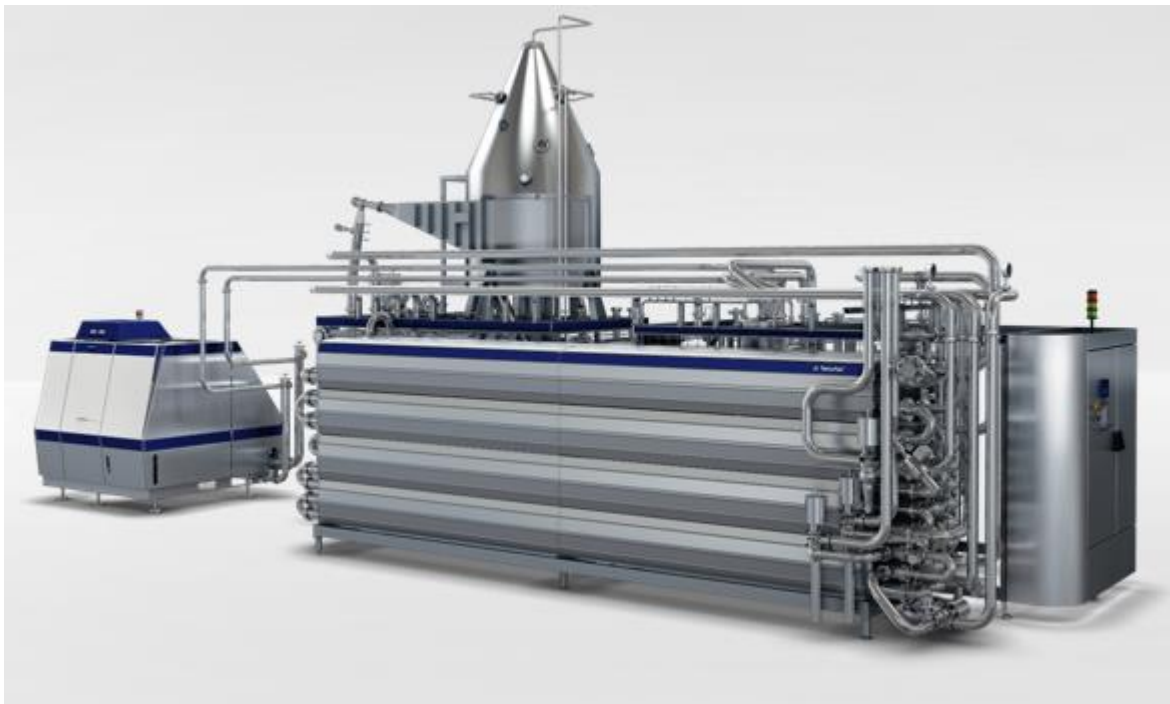


Figura 48 VTIS

LITRI	LITRI	LITRI		%	LITRI	LITRI	LITRI	LITRI	LITRI
latte e nesquik TA_721 (partenza giornata)	TA_721 (partenza giornata) REALE	perdite linea TA + linea confezion. (stimato)	perdita in euro	perdita percentuale	TA_721 fine giornata	TA_721 fine giornata REALE	errore pesata	Latte e nesquik in entrata su EDGE (atteso)	Entrata su EDGE REALE
30.764	30.764	588	335	3,84%	16.354	15.452	902	13.822	14.724
16.354	15.452	696	397	4,87%	1.064	1.169	-105	14.594	13.587
31.760	31.865	696	397	4,43%	17.152	16.158	994	13.912	15.012
17.152	16.158	695	396	4,30%	0	0		16.457	15.463
		2.675	1.525	4,35%				58.785	58.785
30.836	30.836	588	335	3,69%	15.798	14.889	909	14.450	15.359
15.798	14.889	720	410	5,35%	1.435	1.430	5	13.643	12.739
31.879	31.874	720	410	4,27%	16.882	15.023	1.859	14.277	16.131
16.882	15.023	723	412	4,81%	0	0		16.159	14.300
		2.751	1.568	4,49%				58.529	58.529
30.788	30.788	588	335	3,49%	15.780	13.944	1.836	14.420	16.256
31.220	29.384	682	389	4,19%	14.643	13.088	1.555	15.895	15.613
14.643	13.088	682	389	5,27%	0	138	-138	13.961	12.269
30.812	30.950	682	389	4,00%	15.049	13.880	1.169	15.081	16.388
15.049	13.880	682	389	4,91%	0	0	0	14.367	13.198
		3.316	1.890	4,30%				73.724	73.724
27.726	27.726	600	342	3,85%	13.311	12.147	1.164	13.815	14.979
28.701	27.537	635	362	4,09%	13.120	11.994	1.126	14.946	14.908
13.120	11.994	635	362	5,29%	0	0	0	12.485	11.359
		1.870	1.066	4,34%				41.246	41.246
30.360	30.360	581	331	6,42%	22.610	21.308	1.302	7.169	8.471
22.610	21.308	500	285	3,22%	5.927	5.784	143	16.183	15.024
5.927	5.784	500	285	8,64%	0	0	0	5.427	5.284
		1.581	901	5,21%				28.779	28.779

Figura 49 tabella analisi perdite (2)

La tabella continua in [figura 49], il latte e cacao è arrivato al Tank asettico 721, serbatoio in cui risiede tra un giorno di confezionamento e il seguente. I numeri in rosso nelle 2 colonne marroni del tank asettico rappresentano il valore della pesata della cella di carico sotto lo stesso, rilevatasi scorretta non solo in termini di staratura ma di divergenza non lineare dai valori reali.

A proposito di questo problema ho svolto uno studio sulle pesate a confronto coi valori reali desumibili dai giorni di entrata del latte nel tank e dai valori in entrata sulla linea di confezionamento; sono state fatte inizialmente delle prove di taratura per poi ricalibrare la scala delle pesate in modo da correggerla. I problemi sono dovuti alla pendenza ed alle oscillazioni del liquido internamente al serbatoio, siccome la cella è posizionata sotto uno dei 3 piedi di appoggio del serbatoio.

In tabella sono quindi poi riportati i valori reali di contenuto del Tank asettico a inizio e fine giornata (prime 2 colonne verdi) in mezzo a cui si ha il calcolo delle perdite sulle condutture del TA e della linea di confezionamento, perdite dai valori considerevoli che anni prima erano state stimate per meno della metà ma che in seguito a cambiamenti nelle condutture sono aumentate notevolmente come hanno dato evidenza i dati raccolti e analizzati per calcolare queste perdite.

L'errore della pesata (colonna gialla) dava spesso problemi anche alla programmazione, siccome il valore che ci si attendeva entrasse in confezionamento (colonna marrone a destra) era differente dal valore reale che sarebbe effettivamente entrato (colonna verde a destra).

Il dato dell'ultima colonna è quindi la quantità di semilavorato che entra giorno per giorno in linea di confezionamento; si ricava dai contatori della confezionatrice (prima macchina della linea A2) conteggiando anche gli scarti della stessa distinguendo bene la % di scarti di pacchetti pieni rispetto a quelli vuoti, a cui si vanno a sommare i pacchetti non scartati e il tutto è convertito in litri.

PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	pezzi	PEZZI	PEZZI	pezzi
pz tot ingresso confezionatrice	pz conformi usciti da confezionatrice	scarto a terra confezionatrice	registrazione pacchi conformi datario	contatore in ingresso cannucciatrice	contatore Twin Pack in uscita	rilavorazioni Twin Pack minime	ingresso scatolatrice	uscita scatolatrice	Scarti sacatolatrice
81.899	81.347	552	81.334	81.041	81.252	211	80.760	80.760	0
75.578	75.014	564	74.989	74.666	80.727	6.061	74.556	74.544	12
83.576	82.504	1.072	82.492	82.091	83.175	1.084	82.008	81.960	48
85.990	85.422	568	85.414	85.145	85.290	145	84.996	84.960	36
327.043	324.287	2.756	324.229	322.943	330.444	7.501	322.320	322.224	96
85.434	84.661	773	84.659	84.394	84.468	74	84.276	84.240	36
70.900	70.124	776	70.166	69.806	70.089	283	69.822	69.720	102
89.718	89.197	521	89.190	88.906	88.827	0	88.776	88.704	72
79.749	78.632	1.117	78.621	78.279	78.249	0	78.228	78.198	30
325.801	322.614	3.187	322.636	321.385	321.633	248	321.102	320.862	240
90.369	90.058	311	90.047	89.779	89.720	0	89.694	89.640	54
86.815	86.307	508	86.303	86.031	85.983	0	86.076	86.040	36
68.300	67.749	551	67.744	67.507	67.392	0	67.416	67.410	6
91.136	90.583	553	90.578	90.323	90.234	0	90.168	90.144	24
73.444	72.727	717	72.724	72.501	72.312	0	72.360	72.264	96
410.064	407.424	2.640	407.396	406.141	405.641	0	405.714	405.498	216
83.458	81.798	1.660	81.791	81.412	81.412	0	81.450	81.360	90
83.017	81.704	1.313	81.691	81.308	81.308	0	81.540	81.240	300
63.227	62.387	840	62.379	62.118	62.070	-48	62.154	61.992	162
229.702	225.889	3.813	225.861	224.838	224.790	-48	225.144	224.592	552
47.369	45.598	1.771	45.563	44.945	44.945	0	44.784	44.664	120
83.524	83.109	415	83.107	82.879	82.879	0	82.998	82.800	198
29.431	28.986	445	28.969	28.853	28.794	-59	28.728	28.704	24
160.324	157.693	2.631	157.639	156.677	156.618	-59	156.510	156.168	342

Figura 50 tabella analisi perdite (3)

In figura 50 la tabella continua con i dati sul confezionamento, tutte le perdite precedenti erano quindi relative all'area pastorizzazione mentre d'ora in poi sono da imputare alla linea A2; Abbiamo pezzi in entrata e uscita dalla confezionatrice e quindi gli scarti, la registrazione dei pacchetti passati al datario (poco dopo la confezionatrice), il numero di ingressi nella cannucciatrice e il contatore della twin pack in uscita (da moltiplicare per 3 essendo accorpate i pacchetti) la colonna

rilavorazioni twinpack se positiva indica che ci sono stati dei problemi sulla chiusura del nastro e quindi molti pacchetti sono stati fatti ripassare sulla macchina, un valore negativo indica scarti. Abbiamo poi l'ingresso e l'uscita dalla scatolatrice con i relativi scarti. I dati sono in pezzi ed i pezzi sono da 180 ml di miscela latte e preparato al cacao (in queste fasi gli scarti assumono ad ogni step anche il valore dell'imballaggio, della cannuccia, dei nastri e della scatola di cartone).

PEZZI	pezzi	pezzi	%	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	%	PEZZI		%	PEZZI
totale pezzi idonei per la vendita	ordine di produzione	delta produzione ordine	delta percentuale produzione ordine	scarti da scatolatrice a pallet	perdite totali	prelievi laboratorio	prelievi operatore	prelievi legali	totale prelievi	scarto percentuale	scarti effettivi linea	scarti in euro	scarto percentuale	di cui scarti pieni
80.688	83.333	-2.645	-3,17%	72	1.211	296	24	48	368	0,45%	843	194	1,03%	742
74.472	83.333	-8.861	-10,63%	72	1.106	246	22	48	316	0,42%	790	182	1,05%	695
81.744	83.333	-1.589	-1,91%	216	1.832	286	19	48	353	0,42%	1.479	340	1,77%	1.302
84.960	83.333	1.627	1,95%	0	1.030	256	21	48	325	0,38%	705	162	0,82%	620
321.864	333.332	-11.468	-3,44%	360	5.179	1.084	86	192	1.362	0,42%	3.817	878	1,17%	3.359
84.240	83.333	907	1,09%	0	1.194	236	21	48	305	0,36%	889	204	1,04%	782
69.504	83.333	-13.829	-16,59%	216	1.396	266	22	48	336	0,47%	1.060	244	1,50%	933
88.536	83.333	5.203	6,24%	168	1.182	254	21	48	323	0,36%	859	198	0,96%	756
76.848	83.333	-6.485	-7,78%	1.350	2.901	306	17	48	371	0,47%	2.530	582	3,17%	2.226
319.128	333.332	-14.204	-4,26%	1.734	6.673	1.062	81	192	1.335	0,41%	5.338	1.228	1,64%	4.697
89.592	83.333	6.259	7,51%	48	777	244	24	48	316	0,35%	461	106	0,51%	406
85.872	83.333	2.539	3,05%	168	943	256	21	48	325	0,37%	618	142	0,71%	544
66.864	83.333	-16.469	-19,76%	546	1.436	197	19	48	264	0,39%	1.172	270	1,72%	1.031
90.048	83.333	6.715	8,06%	96	1.088	256	17	48	321	0,35%	767	176	0,84%	675
72.144	83.333	-11.189	-13,43%	120	1.300	204	16	48	268	0,36%	1.032	237	1,41%	908
404.520	416.665	-12.145	-2,91%	978	5.544	1.157	97	240	1.494	0,36%	4.050	932	0,99%	3.564
81.120	83.333	-2.213	-2,66%	240	2.338	277	25	48	350	0,42%	1.988	457	2,38%	1.749
80.976	83.333	-2.357	-2,83%	264	2.041	314	49	48	411	0,50%	1.630	375	1,96%	1.434
61.944	83.333	-21.389	-25,67%	48	1.283	206	13	48	267	0,42%	1.016	234	1,61%	894
224.040	249.999	-25.959	-10,38%	552	5.662	797	87	144	1.028	0,45%	4.634	1.066	2,02%	4.078
44.568	83.333	-38.765	-46,52%	96	2.801	183	13	48	244	0,52%	2.557	588	5,40%	2.250
82.728	83.333	-605	-0,73%	72	796	230	26	48	304	0,36%	492	113	0,59%	433
28.656	83.333	-54.677	-65,61%	48	775	100	7	48	155	0,53%	620	143	2,11%	546
155.952	249.999	-94.047	-37,62%	216	4.372	513	46	144	703	0,44%	3.669	844	2,29%	3.229

Figura 51 tabella analisi perdite (4)

In [figura 51] abbiamo il totale dei pezzi idonei alla vendita (conteggio finale delle pedane), l'ordine di produzione della giornata per la referenza considerata (nel caso di nesquik costante nei giorni fino ad arrivare alla quantità necessaria). C'è poi il delta fra la produzione fatta effettivamente e l'ordine di produzione teorico da soddisfare, il delta percentuale e gli scarti che sono avvenuti tra la scatolatrice e il palettizzatore; la colonna successiva indica le perdite totali in pezzi dalla confezionatrice all'idoneità. Seguono poi 4 voci sui prelievi che indicano quelli effettuati dal laboratorio, dall'operatore, legali ed il totale di scarti a causa di prelievi (anche percentuale). Le ultime 2 colonne rosse indicano gli scarti effettivi della linea, decurtati dei prelievi del laboratorio (valorizzati anche in euro), ci sono poi il dato percentuale e la quantità di scarti pieni effettivi.

LITRI	LITRI	LITRI	orario	orario	ORE	%				
tot latte e nesquik utilizzato su confezione	latte e nesquik scartato su linea confezione	latte e Nesquik idoneo finale	Ora inizio effettivo produzione	ora fine effettiva produzione	ore di lavoro del macchinario dal primo pacchetto all'ultimo (decimali)	Tasso di qualità (QR(t))	downtime	disponibilità A(t)	efficienza di lavorazione di macchina UE(t)	OEE
14.724	200	14.524	7:17:00 AM	5:19:00 PM	10,03	98,52%	2,70	78,80%	89,36%	69,37%
13.587	182	13.405	7:03:00 AM	4:02:00 PM	8,98	98,54%	2,47	78,46%	92,11%	71,21%
15.012	298	14.714	7:16:00 AM	9:28:00 PM	14,20	97,81%	2,43	85,37%	63,96%	53,41%
15.463	170	15.293	7:14:00 AM	5:14:00 PM	10,00	98,80%	3,07	76,53%	94,40%	71,38%
58.785	850	57.936			43,22	98,42%	10,67	80,20%	82,75%	65,32%
15.359	196	15.163	7:22:00 AM	5:14:00 PM	9,87	98,60%	2,53	79,57%	94,86%	74,43%
12.739	228	12.511	6:53:00 AM	5:16:00 PM	10,38	98,03%	2,38	81,33%	74,38%	59,30%
16.131	194	15.936	6:45:00 AM	5:09:00 PM	10,40	98,68%	2,25	82,21%	94,59%	76,74%
14.300	468	13.833	6:44:00 AM	8:43:00 PM	13,98	96,36%	2,73	83,65%	61,06%	49,22%
58.529	1.086	57.443			44,63	97,95%	9,90	81,85%	79,44%	63,69%
16.256	130	16.127	7:00:00 AM	5:03:00 PM	10,05	99,14%	2,50	80,08%	99,05%	78,64%
15.613	156	15.457	7:27:00 AM	5:19:00 PM	9,87	98,91%	2,95	76,98%	96,70%	73,64%
12.269	233	12.036	7:16:00 AM	3:25:00 PM	8,15	97,90%	2,60	75,81%	91,16%	67,66%
16.388	179	16.209	7:07:00 AM	5:31:00 PM	10,40	98,81%	2,53	80,41%	96,21%	76,44%
13.198	212	12.986	7:08:00 AM	3:58:00 PM	8,83	98,23%	3,05	74,33%	90,75%	66,26%
73.724	910	72.814			47,30	98,65%	13,63	77,63%	95,02%	72,77%
14.979	378	14.602	7:22:00 AM	5:20:00 PM	9,97	97,20%	2,70	78,68%	90,43%	69,16%
14.908	332	14.576	9:21:00 AM	7:51:00 PM	10,50	97,54%	4,85	68,40%	85,69%	57,17%
11.359	209	11.150	7:10:00 AM	2:29:00 PM	7,32	97,97%	2,67	73,29%	94,07%	67,54%
41.246	919	40.327			27,78	97,54%	10,22	73,11%	89,60%	63,89%
8.471	449	8.022	7:19:00 AM	6:02:00 PM	10,72	94,09%	2,82	79,19%	46,21%	34,43%
15.024	133	14.891	7:08:00 AM	4:28:00 PM	9,33	99,05%	2,63	77,99%	98,49%	76,08%
5.284	126	5.158	7:02:00 AM	10:24:00 AM	3,37	97,37%	3,03	52,60%	94,57%	48,44%
28.779	708	28.071			23,42	97,27%	8,48	73,41%	74,00%	52,84%

Figura 52 tabella analisi perdite (5)

In [figura 52] c'è il calcolo sul totale di latte e cacao entrato in linea di confezionamento in litri (colonna azzurra), il relativo scarto (rosso) ed il totale idoneo finale (giallo). Seguono le ore effettive di inizio e fine produzione (che sono considerate come attività dei macchinari, al di fuori di tale tempo sono la preparazione iniziale e il lavaggio finale).

Le colonne viola rappresentano: il totale di ore lavorate dal primo all'ultimo pacchetto (posso considerarlo in questo modo perché essendo sempre la stessa referenza non ho tempi di setup o pause intermedie, i fermi sono dovuti a guasti).

Il tasso di qualità è considerato come il rapporto fra i pezzi idonei sui pezzi totali prodotti.

Il downtime è visto come la somma dei tempi di preparazione e lavaggio in cui la macchina è inattiva.

La disponibilità è l'Uptime sul tempo totale.

L'efficienza di lavorazione è calcolata dividendo i pezzi prodotti effettivamente per i pezzi producibili teoricamente nelle ore di Uptime a 9000 pz/h.

La moltiplicazione di disponibilità, efficienza e qualità, dà origine all'OEE (ultima colonna)

Questi dati saranno poi considerati meglio in fase di analisi dell'efficienza delle linee.

%		%	%	%	Pz/h	Pz/h	Lt/h	euro	pezzi
perdita % latte e nesquik su linea confezionamento	perdita % latte e nesquik pre confezionamento	perdita percentuale latte e nesquik da miscelatore a idoneità	perdita % latte bianco post pastorizzazione imputabile alla giornata/settimana	perdita % preparato al cacao imputabile alla giornata/settimana	flusso di produzione (Pz/h)	flusso teorico	flusso di produzione (Lt/h)	perdite totali in euro dovute agli scarti	valore mancata produzione
1,36%					8041,99	9000,00	1447,56	992	9612
1,34%					8290,02	9000,00	1492,20	578	6378
1,98%					5756,62	9000,00	1036,19	1.239	46056
1,10%					8496,00	9000,00	1529,28	558	5040
1,45%	6,29%	7,65%	8,66%	7,65%	7447,68	9000,00	1340,58	3.368	67086
1,27%					8537,84	9000,00	1536,81	962	4560
1,79%					6693,80	9000,00	1204,88	654	23946
1,20%					8513,08	9000,00	1532,35	1.254	5064
3,27%					5495,69	9000,00	989,22	994	49002
1,86%	6,70%	8,43%	9,42%	8,43%	7149,99	9000,00	1287,00	3.863	82572
0,80%					8914,63	9000,00	1604,63	891	858
1,00%					8703,24	9000,00	1566,58	729	2928
1,90%					8204,17	9000,00	1476,75	658	6486
1,09%					8658,46	9000,00	1558,52	1.001	3552
1,60%					8167,25	9000,00	1470,10	626	7356
1,23%	5,98%	7,14%	8,18%	7,14%	8552,22	9000,00	1539,40	3.905	21180
2,52%					8139,13	9000,00	1465,04	1.206	8580
2,23%					7712,00	9000,00	1388,16	964	13524
1,84%					8466,15	9000,00	1523,91	596	3906
2,23%	6,07%	8,16%	11,02%	10,01%	8063,83	9000,00	1451,49	3.228	26010
5,30%					4158,76	9000,00	748,58	1.613	51882
0,88%					8863,71	9000,00	1595,47	398	1272
2,39%					8511,68	9000,00	1532,10	428	1644
2,46%	8,25%	10,50%	11,41%	10,50%	6659,87	9000,00	1198,78	2.438	54798

Figura 53 tabella analisi perdite (6)

In [figura 53] osserviamo la sezione finale della tabella che riporta altri dati che sono stati estremamente apprezzati dall'azienda: nella prima colonna abbiamo la perdita percentuale di semilavorato da quando entra in linea di confezionamento a quando ne esce, nella seconda colonna la perdita percentuale di latte in area pastorizzazione, dalla miscelazione all'ingresso in confezionamento. La terza colonna non è la somma delle prime 2 perché è la perdita totale da miscelazione a idoneità riferita alla quantità iniziale senza separare i 2 step.

Le colonne 4 e 5 dicono invece quanta perdita c'è rispettivamente di latte bianco e di preparato, valorizzando quindi gli step con solo latte come 100% perdita di latte bianco e gli step di latte e nesquik come scarto in parte di latte e in parte di cacao con le giuste percentuali (93,12% latte a massa); le percentuali di scarto sono calcolate rispetto alle quantità iniziali rispettivamente di latte scremato e di preparato al cacao; le conversioni da massa a volume tengono ovviamente conto del cambio di densità che c'è da latte bianco scremato all'1% (1,033 Kg/L) a latte e nesquik (1,06 Kg/L).

Le 3 colonne azzurre analizzano invece il Throughput di produzione, la prima rappresenta il TH effettivo giornaliero e settimanale in pezzi, la seconda quello teorico e la terza usa l'unità di misura Litri/ora anziché pezzi/ora.

La penultima colonna valorizza in euro le perdite dovute agli scarti moltiplicando lo scarto a ciascuno step per il valore di costo nello stesso; l'ultima colonna dice invece quanti pezzi in più avrei potuto produrre se avessi lavorato con un TH ideale.

Quanto esposto finora era relativo alla referenza nesquik, lo stesso lavoro è stato fatto per altre referenze per cui era tracciabile anche il percorso di pastorizzazione. Ad esempio nelle [figure 54 55 56] abbiamo il caso delle panne prodotte in serie.

		LITRI	LITRI	LITRI	LITRI	LITRI	LITRI	LITRI	LITRI	LITRI	PEZZI	PEZZI	PEZZI
giorno	referenza	panna pastorizzata in TO47	panna in entrata VTIS	perdita tra TO47 e VTIS	panna in uscita VTIS	perdita VTIS	panna in entrata TA721	perdite ingresso TA721	perdite linea TA + linea confezionamento	ingresso in Edge	pz tot ingresso confezionatrice	pz conformi usciti da confezionatrice	scarto a terra confezionatrice
25/09/2018	495	9000	8890	110	8798	92	8600	198	584,856	8015,144	40141	39804	337
	3207									173,744	892	702	190
	3011									1036,176	5190	5140	50
	9503									1721,04	8613	8546	67
	54									637,552	3203	3096	107
TOT		TO46					TA_711			11583,66	58039	57288	751
01/10/2018	3207									127,24	644	578	66
	3011									705,752	3535	3480	55
	9503									994,92	4992	4958	34
	54	4400	4340	60	4278	62	4078	200		1582,824	7932	7790	142
	286									5924,584	29620	29098	522
TOT										9335,32	46723	45904	819

Figura 54 tabella analisi perdite panne (1)

PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI	PEZZI
registrazione pacchi conformi datario	contatore in ingresso tappatrice	contatore tappatrice in uscita	Scarti tappatrice	ingresso scatolatrice	uscita scatolatrice	Scarti sacatolatrice	totale pezzi idonei per la vendita	perdite totali	prelievi laboratorio	prelievi operatore	prelievi legali	totale prelievi	scarti effettivi linea	di cui scarti pieni
39788	39681	39681	0	39744	39528	216	39456	685	41	12	0	53	644	566,72
702	699	699	0	699	696	3	696	196	2	0	0	2	194	170,72
5140	5132	5124	8	5112	5112	0	5112	78	2	0	0	2	76	66,88
8546	8536	8504	32	8592	8592	0	8496	117	2	6	0	8	115	101,2
3095	3090	3083	7	3076	3072	4	3072	131	4	0	0	4	127	111,76
57271	57138	57091	47	57223	57000	223	56832	1207	51	18	0	69	1156	1017,28
578	571	571	0	558	552	6	552	92	2	3		5	90	79,2
3480	3467	3467	0	3462	3456	6	3456	79	2	3		5	77	67,76
4958	4950	4950	0	4832	4820	12	4820	172	2	3		5	170	149,6
7790	7780	7780	0	7758	7752	6	7752	180	6	3		9	174	153,12
29095	29028	29028	0	28992	28992	0	28848	772	38	19	72	129	734	645,92
45901	45796	45796	0	45602	45572	30	45428	1295	50	31	72	153	1245	1095,6

Figura 55 tabella analisi perdite panne (2)

LITRI	LITRI	LITRI	ore	orario	orario	ore	%	%	rapporto	LITRI	pezzi	pezzi	pezzi
tot panna utilizzata su confezio namento	panna scartata su linea confezio namento	panna idonea finale	tempo setup	Ora inizio effettivo produzio ne	ora fine effettiva produzio ne	ore di lavoro del macchinario dal primo pacchetto all'ultimo (decimali)	perdita percentuale panna su confezionam ento	perdita panna 23% da pastorizz azione a idoneità	tempo di setup su tempo produzio ne	panna pastorizzata 23% necessaria per 1000 lt di prodotto finale	confezio ni tetra pack necessari e per 1000 lt	tappi necessari per 1000 lt di panna	scatole di cartone per 1000 lt panna
8015,144	123,944	7891,2	0,93	06:56	12:14	5,30	1,55%	12,32%	17,61%	1140,510949	5086,806	5028,513	209,8540146
173,744	34,544	139,2	0,10	14:20	14:30	0,17	19,88%		60,00%				
1036,176	13,776	1022,4	0,05	14:33	15:07	0,57	1,33%		8,82%				
1721,04	21,84	1699,2	0,65	15:46	16:13	0,45	1,27%		144,44%				
637,552	23,152	614,4	0,20	16:25	16:46	0,35	3,63%		57,14%				
11583,66	217,256	11366,4	1,93			6,83	1,88%		28,29%				
127,24	16,84	110,4	0,58	12:54	12:58	0,07	13,23%		875,00%				
705,752	14,552	691,2	0,28	13:15	13:35	0,33	2,06%		85,00%				
994,92	30,92	964	0,18	13:46	14:19	0,55	3,11%		33,33%				
1582,824	32,424	1550,4	0,08	14:24	15:21	0,95	2,05%		8,77%				
5924,584	154,984	5769,6	0,88	08:18	12:19	4,02	2,62%		21,99%				
9335,32	249,72	9085,6	2,02			5,92	2,68%		10,24097				

Figura 56 tabella analisi perdite panne (3)

Come possiamo vedere dalle [figure 54 e 55] il percorso è lo stesso che per nesquik; nella [figura 56] notiamo invece che trattandosi di 5 referenze avremo dei tempi di setup (prima colonna bianca) pur non cambiando il semilavorato (cambia solo il pacchetto); la perdita di panna da pastorizzazione a idoneità è quindi riferita all'insieme di tutti i lotti, mentre sul confezionamento si può dividere per referenza; dopo le 2 colonne rosse c'è una colonna molto interessante in cui è stato rapportato il tempo di setup al tempo di produzione; questo fa rendere conto del fatto che se mi arriva un ordine (esempio non casuale: panna crai) che soddisfo in 3 minuti di produzione, passo più tempo a fare il setup che a produrre effettivamente, un altro dato interessante su questa referenza è anche che il tempo di produzione è inferiore al CT, in pratica quando sto confezionando l'ultimo pacchetto, il primo deve ancora essere inscatolato. Questo tipo di considerazioni sono state utili anche per valutare quali referenze sarebbe meglio togliere a meno di cambiare routine di ordini da parte del cliente.

Le ultime 4 colonne indicano quanti litri di panna e pezzi di confezione servono mediamente per ottenere 1000 litri di prodotto finale (calcolando gli scarti); ovviamente un valore di questo tipo è tanto più preciso quanti più dati si prendono in considerazione (come si vedrà successivamente in ambito di ridefinizione delle distinte basi).

Questo lavoro di analisi dei dati è stato svolto non solo per referenza ma per linea produttiva, in questa seconda fase (analizzata in parallelo) i dati sono stati raccolti ed elaborati solo per quanto riguarda il confezionamento, così da suddividere lo studio per linea produttiva tenendo in considerazione ogni prodotto confezionato su quella linea nei mesi considerati, vediamo un esempio della tabella generata per tutti i mesi su tutte le linee uht, che sarà utile in fase di analisi perdite ma anche per l'analisi degli indici di rendimento.

Data	PzTarga Macchina	Ora Inizio TURNO	Ora Inizio Conf Efficace	Ora Fine Conf Efficace	Ora Fine TURNO	Totale PZ Prodotti	PZ Conformi	Totale perdite						
	9.000	6:00			19:00									
						A1	E	A1-E	ciclo di lavoro	referenze	ordini produzione	perdite euro su scarto	produzione- ordini	percentuale
03/09/2018	9.000	6:30	7:29	12:15	14:15	29.216	28.104	1.112	203-202	286-3207-3011- 9503-54	27324,00	444,80	780,00	2,85%
04/09/2018	9.000	6:00	7:00	10:20	12:20	28.440	27.864	576	203-204	287-227	27720,00	230,40	144,00	0,52%
05/09/2018	9.000	6:05	7:09	16:52	18:52	73.157	71.496	1.661	203	249-105-3282-	69480,00	664,40	2016,00	2,90%
06/09/2018	9.000	6:00	7:22	17:15	19:15	87.339	86.400	939	203	373	86400,00	375,60	0,00	0,00%
07/09/2018	9.000	6:05	07:06	16:49	18:49	87.337	86.424	913	203	373	86400,00	365,20	24,00	0,03%
08/09/2018	9.000	6:05	08:04	12:59	14:59	39.589	38.952	637	205	3013-9218-223	39920,00	254,80	-968,00	-2,42%
10/09/2018	9.000	6:05	07:17	11:11	13:11	32.762	32.112	650	205	9219-224	37440,00	260,00	-5328,00	-14,23%
11/09/2018	9.000	6:00	07:14	12:53	14:53	38.952	38.088	864	203-202	248-3207-3011- 9503-54	37640,00	345,60	448,00	1,19%
12/09/2018	9.000	6:00	07:15	17:12	19:12	85.385	84.408	977	201	344	83333,00	390,80	1075,00	1,29%
13/09/2018	9.000	6:00	06:50	15:35	17:35	71.900	71.136	764	201	344	83333,00	305,60	-12197,00	-14,64%
14/09/2018	9.000	6:00	06:55	17:12	19:12	61.216	59.892	1.324	201	344	83333,00	529,60	-23441,00	-28,13%
15/09/2018	9.000	6:00	06:52	17:04	19:04	82.512	81.168	1.344	201	344	83333,00	537,60	-2165,00	-2,60%
17/09/2018	9.000	7:13	07:55	10:53	12:53	24.013	23.472	541	203	228	22680,00	216,40	792,00	3,49%
18/09/2018	9.000	6:10	07:38	14:20	16:20	46.528	45.480	1.048	203-202	247-3207-3011- 9503-54	45972,00	419,20	-492,00	-1,07%
19/09/2018	9.000	6:05	07:17	17:19	19:19	81.899	80.688	1.211	201	344	83333,00	484,40	-2645,00	-3,17%
20/09/2018	9.000	6:05	07:03	16:02	18:02	75.578	74.472	1.106	201	344	83333,00	442,40	-8861,00	-10,63%
21/09/2018	9.000	6:20	07:16	21:28	23:28	83.576	81.744	1.832	201	344	83333,00	732,80	-1589,00	-1,91%
22/09/2018	9.000	6:10	07:14	17:14	19:14	85.990	84.960	1.030	201	344	83333,00	412,00	1627,00	1,95%
25/09/2018	9.000	6:00	06:56	16:46	18:46	58.039	57.180	859	203-202	495-3207-3011- 9503-54	56612,00	343,60	568,00	1,00%
26/09/2018	9.000	6:20	07:22	17:14	19:14	85.434	82.240	3.194	201	344	83333,00	1277,60	-1093,00	-1,31%
27/09/2018	9.000	6:00	06:53	17:16	19:16	70.900	69.504	1.396	201	344	83333,00	558,40	-13829,00	-16,59%
28/09/2018	9.000	6:00	06:45	17:09	19:09	89.718	88.536	1.182	201	344	83333,00	472,80	5203,00	6,24%
29/09/2018	9.000	6:00	06:44	20:43	22:43	79.749	78.049	1.700	201	344	83333,00	680,00	-5284,00	-6,34%
01/10/2018	9.000	7:25	8:18	15:21	17:21	31.878	31.080	798	203-202	286-3207-3011- 9503-54	30372,00	319,20	708,00	2,33%
02/10/2018	9.000	6:00	7:00	17:03	19:03	90.369	89.592	777	201	344	83333,00	310,80	6259,00	7,51%
03/10/2018	9.000	6:00	7:27	17:19	19:19	86.815	85.872	943	201	344	83333,00	377,20	2539,00	3,05%
04/10/2018	9.000	6:10	7:16	15:25	17:25	68.300	66.864	1.436	201	344	83333,00	574,40	-16469,00	-19,76%
05/10/2018	9.000	6:05	07:07	17:31	19:31	91.136	90.048	1.088	201	344	83333,00	435,20	6715,00	8,06%
06/10/2018	9.000	6:05	07:08	15:58	17:58	73.444	72.144	1.300	201	344	83333,00	520,00	-11189,00	-13,43%
08/10/2018	9.000	6:00	13:22	17:11	19:11	24.441	23.496	945	202	3207-3011-9503- 54	18212,00	378,00	5284,00	29,01%
09/10/2018	9.000	6:00	07:08	10:42	12:42	24.027	22.848	1.179	204	3012-227	22680,00	471,60	168,00	0,74%
12/10/2018	9.000	10:00	13:17	18:43	20:43	43.919	42.912	1.007	205	223	43200,00	402,80	-288,00	-0,67%
13/10/2018	9.000	6:15	07:45	16:36	18:36	70.531	69.312	1.219	205	223-3013-9218	69100,00	487,60	212,00	0,31%
15/10/2018	9.000	6:10	07:40	18:16	20:16	88.437	87.240	1.197	203	373	86400,00	478,80	840,00	0,97%
16/10/2018	9.000	6:00	07:08	20:03	22:03	99.963	97.392	2.571	203-202	373-3207-3011- 9503-54	102812,00	1028,40	-5420,00	-5,27%
17/10/2018	9.000	6:10	07:54	13:33	15:33	43.098	42.024	1.074	203	248-3282-9217- 244	46060,00	429,60	-4036,00	-8,76%
18/10/2018	9.000	6:10	07:22	17:20	19:20	83.458	81.120	2.338	201	344	83333,00	935,20	-2213,00	-2,66%
19/10/2018	9.000	6:00	09:21	19:51	21:51	83.017	80.976	2.041	201	344	83333,00	816,40	-2357,00	-2,83%
20/10/2018	9.000	6:00	07:10	14:29	16:29	63.227	61.944	1.283	201	344	83333,00	513,20	-21389,00	-25,67%
22/10/2018	9.000	6:00	08:29	19:01	21:01	18.405	17.880	525	203	247	93600,00	210,00	-75720,00	-80,90%
23/10/2018	9.000	6:00	07:10	19:34	21:34	91.996	90.408	1.588	203-202	247-228-3207- 3011-9503-54	93892,00	635,20	-3484,00	-3,71%
24/10/2018	9.000	6:00	07:29	16:12	18:12	67.126	65.472	1.654	203	249	72000,00	661,60	-6528,00	-9,07%
25/10/2018	9.000	6:00	07:19	18:02	20:02	44.824	43.080	1.744	201	344	83333,00	697,60	-40253,00	-48,30%
26/10/2018	9.000	6:00	07:08	16:28	18:28	83.524	82.728	796	201	344	83333,00	318,40	-605,00	-0,73%
27/10/2018	9.000	6:00	07:02	10:24	12:24	29.431	28.656	775	201	344	83333,00	310,00	-54677,00	-65,61%
29/10/2018	9.000	6:10	07:16	18:24	20:24	66.031	63.120	2.911	205-202	3014-9218-224- 3207-3011-9503- 54	67048,00	1164,40	-3928,00	-5,86%
30/10/2018	9.000	6:10	07:09	18:53	20:53	81.712	80.208	1.504	203	495-244	75360,00	601,60	4848,00	6,43%
31/10/2018	9.000	6:15	08:18	11:07	13:07	25.754	24.696	1.058	203	247	21600,00	423,20	3096,00	14,33%

Figura 57 tabella linea A2 (1)

Nella tabella di [figura 57] sono riportate 2 colonne verdi che indicano inizio preparazione macchinario e termine del lavaggio di fine giornata; in una seconda versione della tabella queste 2 colonne indicano l'orario teorico di inizio e fine turno, che però viene costantemente superato con gli straordinari. In una situazione ideale queste 2 versioni dovrebbero coincidere salvo qualche giorno di straordinario; il fatto che non sia così fa già riflettere sull'idoneità e la corretta distribuzione degli orari di lavoro, molto altalenanti, ma il discorso dei turni verrà discusso più avanti in modo approfondito. Le due colonne bianche centrali rappresentano invece inizio e fine lavorazione effettiva (dal primo pacchetto all'ultimo, tagliando fuori preparazione

iniziale e lavaggio finale). Le 3 colonne successive sono la produzione totale, i pezzi conformi e gli scarti totali; ricordiamo che in alcune giornate ci sono più referenze e pertanto sono presenti setup e lavaggi intermedi. Le 2 colonne colorate indicano il ciclo di lavoro e i codici delle referenze confezionate in giornata e colorate dello stesso colore del ciclo di appartenenza (i cicli di lavoro sono stati da me ridefiniti e verranno trattati in una sezione specifica).

Le ultime 4 colonne rappresentano gli ordini di produzione, lo scarto monetizzato a valore di costo e il delta tra produzione e ordine come dato numerico e percentuale.

A (t)	UE (t)	QR (t)	O.E.E.		throughput reale	ore lavorate Effettive	Ore lavorate in decimali		Tot ore TURNO	Ore lavorate in decimali				
disponibilità	Efficienza	Qualità												
95,64%	100,00%	100,00%	95,64%									ore teoriche turno	percentual e utilizzata	su tot
61,51%	68,10%	96,19%	40,29%	65,51%	5895,94	4:46	4,77	42.900	7:45	7,75	69.750	12	64,58%	100,00%
52,63%	94,80%	97,97%	48,88%	92,88%	8359,20	3:20	3,33	30.000	6:20	6,33	57.000	12	52,78%	100,00%
76,01%	83,66%	97,73%	62,14%	81,76%	7358,08	9:43	9,72	87.450	12:47	12,78	115.050	12	106,53%	100,00%
74,59%	98,19%	98,92%	72,45%	97,13%	8741,99	9:53	9,88	88.950	13:15	13,25	119.250	12	110,42%	100,00%
76,31%	99,87%	98,95%	75,41%	98,83%	8894,41	9:43	9,72	87.450	12:44	12,73	114.600	12	106,11%	100,00%
55,24%	89,47%	98,39%	48,63%	88,03%	7922,44	4:55	4,92	44.250	8:54	8,90	80.100	12	74,17%	100,00%
54,93%	93,34%	98,02%	50,25%	91,49%	8233,85	3:54	3,90	35.100	7:06	7,10	63.900	12	59,17%	100,00%
63,60%	76,60%	97,78%	47,64%	74,90%	6741,24	5:39	5,65	50.850	8:53	8,88	79.950	12	74,03%	100,00%
75,38%	95,35%	98,86%	71,05%	94,26%	8483,22	9:57	9,95	89.550	13:12	13,20	118.800	12	110,00%	100,00%
75,54%	91,30%	98,94%	68,24%	90,33%	8129,83	8:45	8,75	78.750	11:35	11,58	104.250	12	96,53%	100,00%
77,90%	66,14%	97,84%	50,41%	64,71%	5824,18	10:17	10,28	92.550	13:12	13,20	118.800	12	110,00%	100,00%
78,06%	89,88%	98,37%	69,02%	88,42%	7957,65	10:12	10,20	91.800	13:04	13,07	117.600	12	108,89%	100,00%
52,35%	89,94%	97,75%	46,02%	87,91%	7911,91	2:58	2,97	26.700	5:40	5,67	51.000	12	47,22%	100,00%
65,90%	77,16%	97,75%	49,70%	75,42%	6788,06	6:42	6,70	60.300	10:10	10,17	91.500	12	84,72%	100,00%
75,82%	90,70%	98,52%	67,75%	89,36%	8041,99	10:02	10,03	90.300	13:14	13,23	119.100	12	110,28%	100,00%
75,17%	93,48%	98,54%	69,24%	92,11%	8290,02	8:59	8,98	80.850	11:57	11,95	107.550	12	99,58%	100,00%
82,88%	65,40%	97,81%	53,01%	63,96%	5756,62	14:12	14,20	127.800	17:08	17,13	154.200	12	142,78%	100,00%
76,53%	95,54%	98,80%	72,24%	94,40%	8496,00	10:00	10,00	90.000	13:04	13,07	117.600	12	108,89%	100,00%
77,02%	65,58%	98,52%	49,77%	64,61%	5814,92	9:50	9,83	88.500	12:46	12,77	114.900	12	106,39%	100,00%
76,49%	96,21%	96,26%	70,84%	92,61%	8335,14	9:52	9,87	88.800	12:54	12,90	116.100	12	107,50%	100,00%
78,27%	75,87%	98,03%	58,21%	74,38%	6693,80	10:23	10,38	93.450	13:16	13,27	119.400	12	110,56%	100,00%
79,09%	95,85%	98,68%	74,81%	94,59%	8513,08	10:24	10,40	93.600	13:09	13,15	118.350	12	109,58%	100,00%
83,65%	63,37%	97,87%	51,88%	62,02%	5581,57	13:59	13,98	125.850	16:43	16,72	150.450	12	139,31%	100,00%
71,52%	85,03%	98,11%	59,47%	83,46%	7511,53		198,42			268,80				
70,97%	50,24%	97,50%	34,77%	48,98%	4408,51	7:03	7,05	63.450	9:56	9,93	89.400	12	82,78%	100,00%
77,01%	99,91%	99,14%	76,28%	99,05%	8914,63	10:03	10,05	90.450	13:03	13,05	117.450	12	108,75%	100,00%
74,09%	97,76%	98,91%	71,65%	96,70%	8703,24	9:52	9,87	88.800	13:19	13,32	119.850	12	110,97%	100,00%
72,44%	93,12%	97,90%	66,04%	91,16%	8204,17	8:09	8,15	73.350	11:15	11,25	101.250	12	93,75%	100,00%
77,42%	97,37%	98,81%	74,48%	96,21%	8658,46	10:24	10,40	93.600	13:26	13,43	120.900	12	111,94%	100,00%
74,33%	92,38%	98,23%	67,46%	90,75%	8167,25	8:50	8,83	79.500	11:53	11,88	106.950	12	99,03%	100,00%
28,95%	71,15%	96,13%	19,80%	68,40%	6156,16	3:49	3,82	34.350	13:11	13,18	118.650	12	109,86%	100,00%
53,23%	74,85%	95,09%	37,89%	71,18%	6405,98	3:34	3,57	32.100	6:42	6,70	60.300	12	55,83%	100,00%
50,70%	89,81%	97,71%	44,49%	87,75%	7897,91	5:26	5,43	48.900	10:43	10,72	96.450	12	89,31%	100,00%
71,66%	88,55%	98,27%	62,36%	87,02%	7831,86	8:51	8,85	79.650	12:21	12,35	111.150	12	102,92%	100,00%
75,18%	92,70%	98,65%	68,75%	91,45%	8230,19	10:36	10,60	95.400	14:06	14,10	126.900	12	117,50%	100,00%
80,48%	85,99%	97,43%	67,42%	83,78%	7540,03	12:55	12,92	116.250	16:03	16,05	144.450	12	133,75%	100,00%
60,21%	84,76%	97,51%	49,76%	82,64%	7437,88	5:39	5,65	50.850	9:23	9,38	84.450	12	78,19%	100,00%
75,70%	93,04%	97,20%	68,46%	90,43%	8139,13	9:58	9,97	89.700	13:10	13,17	118.500	12	109,72%	100,00%
66,25%	87,85%	97,54%	56,77%	85,69%	7712,00	10:30	10,50	94.500	15:51	15,85	142.650	12	132,08%	100,00%
69,79%	96,02%	97,97%	65,65%	94,07%	8466,15	7:19	7,32	65.850	10:29	10,48	94.350	12	87,36%	100,00%
70,14%	19,41%	97,15%	13,23%	18,86%	1697,47	10:32	10,53	94.800	15:01	15,02	135.150	12	125,14%	100,00%
79,66%	82,43%	98,27%	64,53%	81,01%	7290,97	12:24	12,40	111.600	15:34	15,57	140.100	12	129,72%	100,00%
71,45%	85,57%	97,54%	59,63%	83,46%	7511,13	8:43	8,72	78.450	12:12	12,20	109.800	12	101,67%	100,00%
76,37%	46,47%	96,11%	34,11%	44,67%	4019,91	10:43	10,72	96.450	14:02	14,03	126.300	12	116,94%	100,00%
74,87%	99,43%	99,05%	73,73%	98,49%	8863,71	9:20	9,33	84.000	12:28	12,47	112.200	12	103,89%	100,00%
52,60%	97,13%	97,37%	49,75%	94,57%	8511,68	3:22	3,37	30.300	6:24	6,40	57.600	12	53,33%	100,00%
78,22%	65,90%	95,59%	49,27%	62,99%	5669,46	11:08	11,13	100.200	14:14	14,23	128.100	12	118,61%	100,00%
79,73%	77,38%	98,16%	60,56%	75,95%	6835,91	11:44	11,73	105.600	14:43	14,72	132.450	12	122,64%	100,00%
41,02%	101,59%	95,89%	39,96%	97,42%	8767,81	2:49	2,82	25.350	6:52	6,87	61.800	12	57,22%	100,00%
68,10%	82,83%	97,56%	55,07%	80,91%	7211,01		213,72			306,35				

Figura 58 tabella linea A2 (2)

Nella seconda parte della tabella [figura 58] sono calcolati i 3 indici che compongono l'OEE (disponibilità, efficienza e qualità) e l'OEE stesso. I calcoli sono stati eseguiti

nel modo completo con una piccola variante dovuta al meccanismo interno dell'azienda. Il peso dei guasti e setup è stato spostato dalla disponibilità all'efficienza; ovvero dal tempo totale la disponibilità toglierà solo preparazione e lavaggio, l'efficienza guasti setup e microfermate e la qualità il tempo impiegato a produrre pezzi non idonei, il risultato della moltiplicazione naturalmente non cambia. A questi dati segue poi lo studio sull'efficienza analizzata con grafici specifici. La quinta colonna è un indice che moltiplica solo efficienza * qualità tralasciando la disponibilità, parametro richiesto dal direttore operations.

Seguono poi il throughput reale della linea di confezionamento (ovvero i pezzi/ora idonei in uscita dalla linea), le ore di confezionamento effettivo, il numero di pezzi che avrei confezionato in quelle ore lavorando a regime e le ore del turno di lavoro che effettivamente è stato sfruttato nella produzione della giornata (ovvero da quando preparo la macchina a quando finisce il lavaggio).

Le ultime 3 colonne indicano la durata teorica del turno di lavoro e quanto ne è stato effettivamente utilizzato sul totale.

Dopo aver visto il metodo di raccolta, calcolo e analisi dei dati, analizziamo i risultati su grafici, cominciando dai pezzi confezionati.

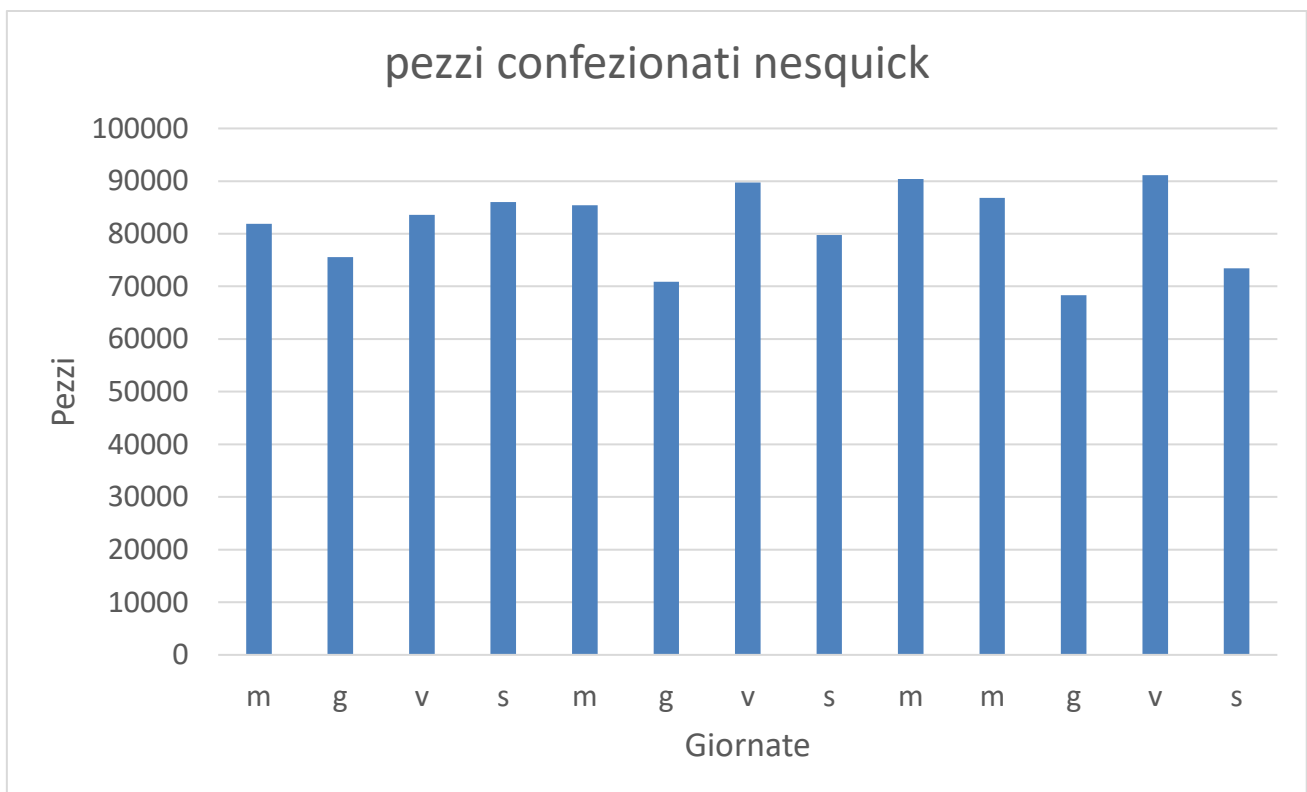


Figura 59 confezionamento nesquik per giornata

Dal grafico di [figura 59] si può notare un'inefficienza a livello di distribuzione della produzione; sono riportati i valori di confezionamento per la referenza nesquik in tutte le giornate di settembre 2018 in cui è stato prodotto. È importante considerare che

l'ordine di produzione è costante nelle giornate e allo stesso modo lo è il turno di lavoro; ma quindi a cosa è dovuta la variabilità? Certamente all'occorrenza di guasti che può cambiare nelle giornate, ma c'è anche un errore sistematico, infatti si può notare ad esempio guardando le ultime 5 colonne, che nelle giornate di riempimento serbatoio (martedì, mercoledì e venerdì) la produzione è stata superiore, mentre nei giorni di svuotamento (giovedì e sabato) la produzione è stata inferiore. Dopo una serie di studi sulla pesata del tank asettico e sulla programmazione che veniva effettuata per la giornata successiva è risultato che l'errata pesatura della cella di carico portava a sovrastimare il confezionamento atteso per il giorno successivo, quando effettivamente rimaneva meno semilavorato del previsto nel tank asettico. Indipendentemente dalle cause è certo che cercare di rendere il più costante possibile il ritmo di produzione nelle giornate fa risparmiare in termini di straordinari e di manodopera sottoutilizzata.

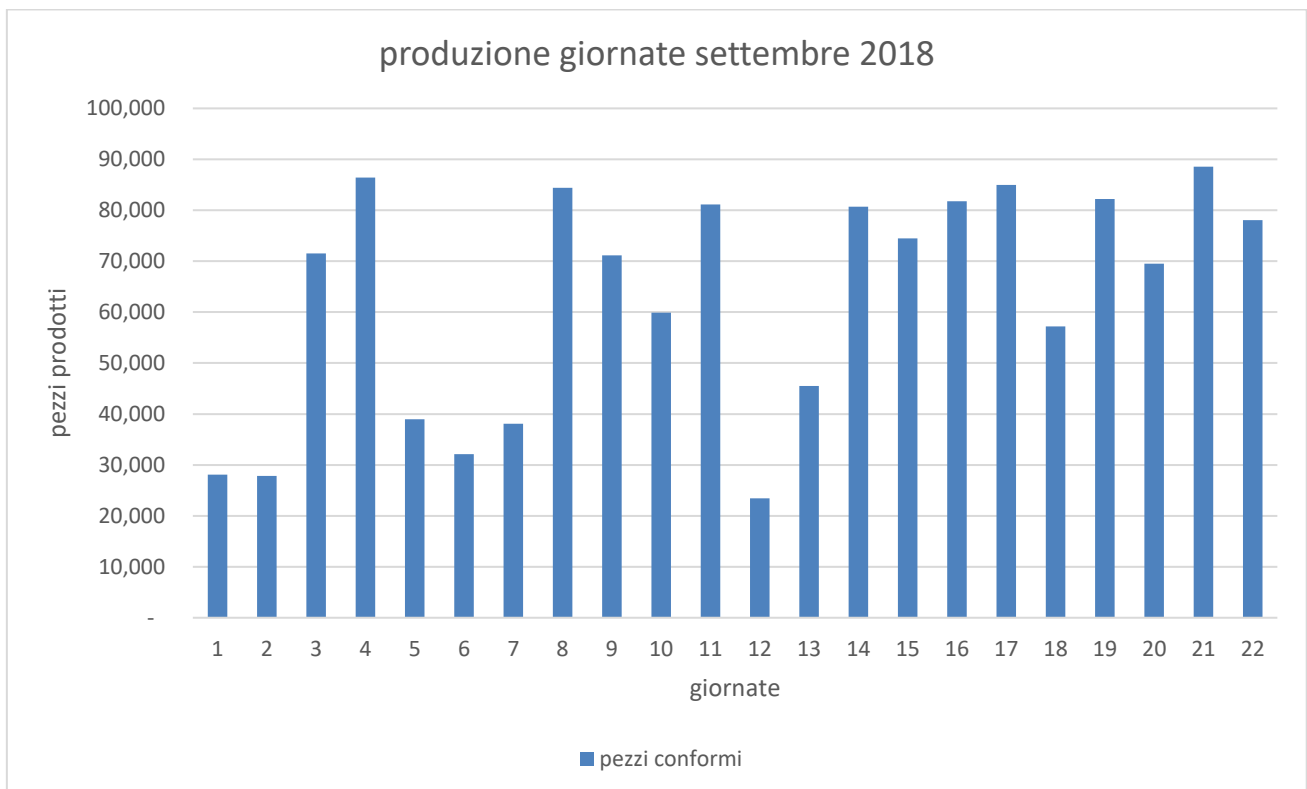


Figura 60 confezionamento su linea A2 in settembre

In [figura 60] abbiamo il grafico delle giornate di confezionamento di tutte le referenze sulla linea A2 nel mese di settembre; considerando che le giornate 8-9-10-11-14-15-16-17-19-20-21-22 sono di confezionamento nesquik e le giornate 3 e 4 sono giornate in cui si è confezionata una sola referenza, risulta evidente il peso dei tempi di setup sui volumi di produzione, infatti nei giorni con più referenze le produzioni sono significativamente più basse in termini di quantità.

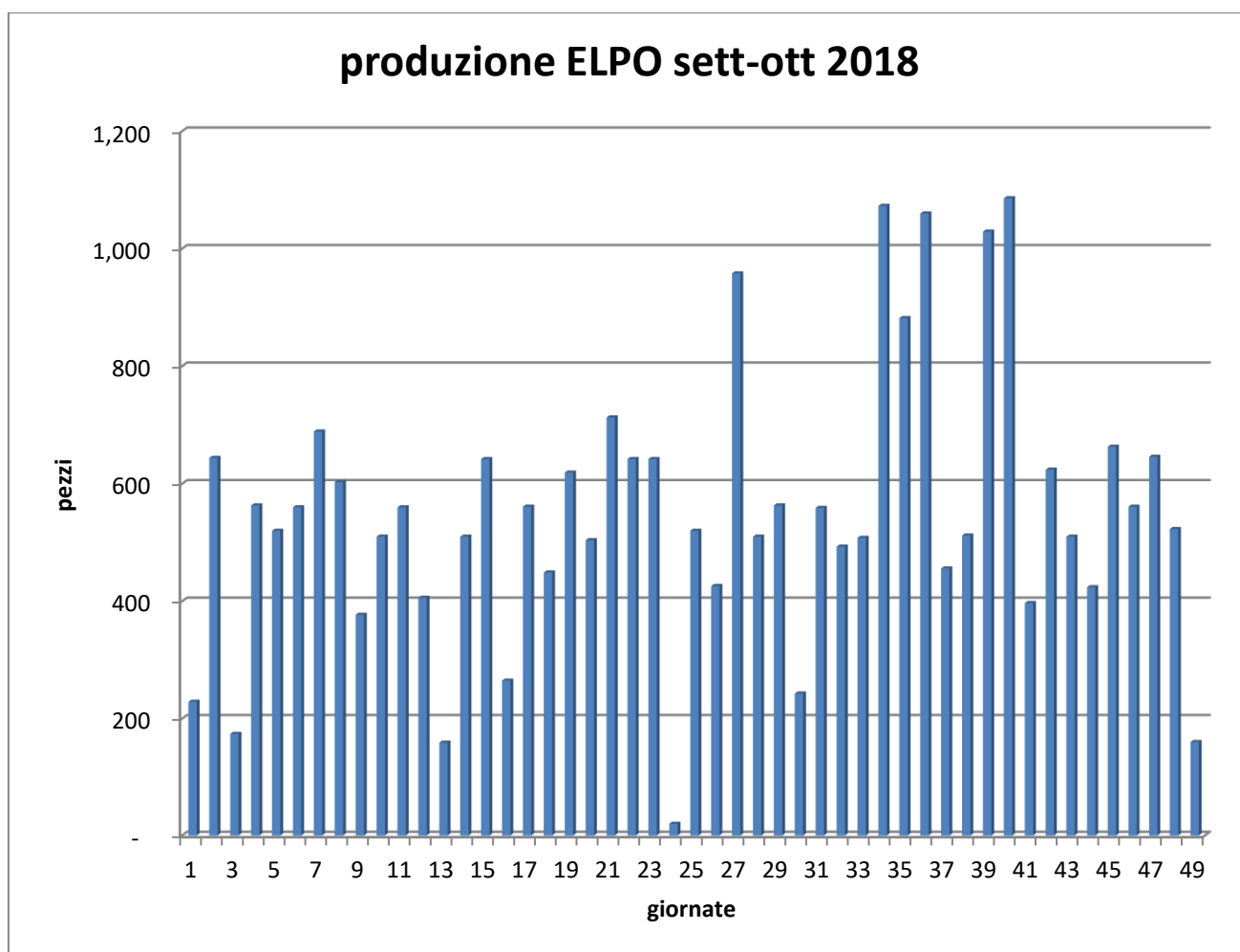


Figura 61 confezionamento su linea ELPO in settembre-ottobre

In [figura 61] è presente il grafico delle quantità confezionate sulla linea ELPO (linea a supporto manuale) nelle giornate di settembre e ottobre; la linea confeziona buste da 5 e 10l, la differenza di formato non genera significativi cambi sul tempo poiché il tempo di riempimento è lo stesso (i tempi principali sono dovuti all'accelerazione e la decelerazione del riempimento e al tempo manuale di cambio sacchetto e inscatolamento (svolto da 2 operatori contemporaneamente). Nonostante l'orario sia per tutti i giorni fisso di 6 ore la produzione è estremamente altalenante anche per via della diversa efficienza operatore. Nei passi successivi saranno analizzate le fonti di questo problema.

Analizziamo ora i grafici sulle perdite di produzione valorizzate a prezzo di costo delle materie prime e dei processi subiti:

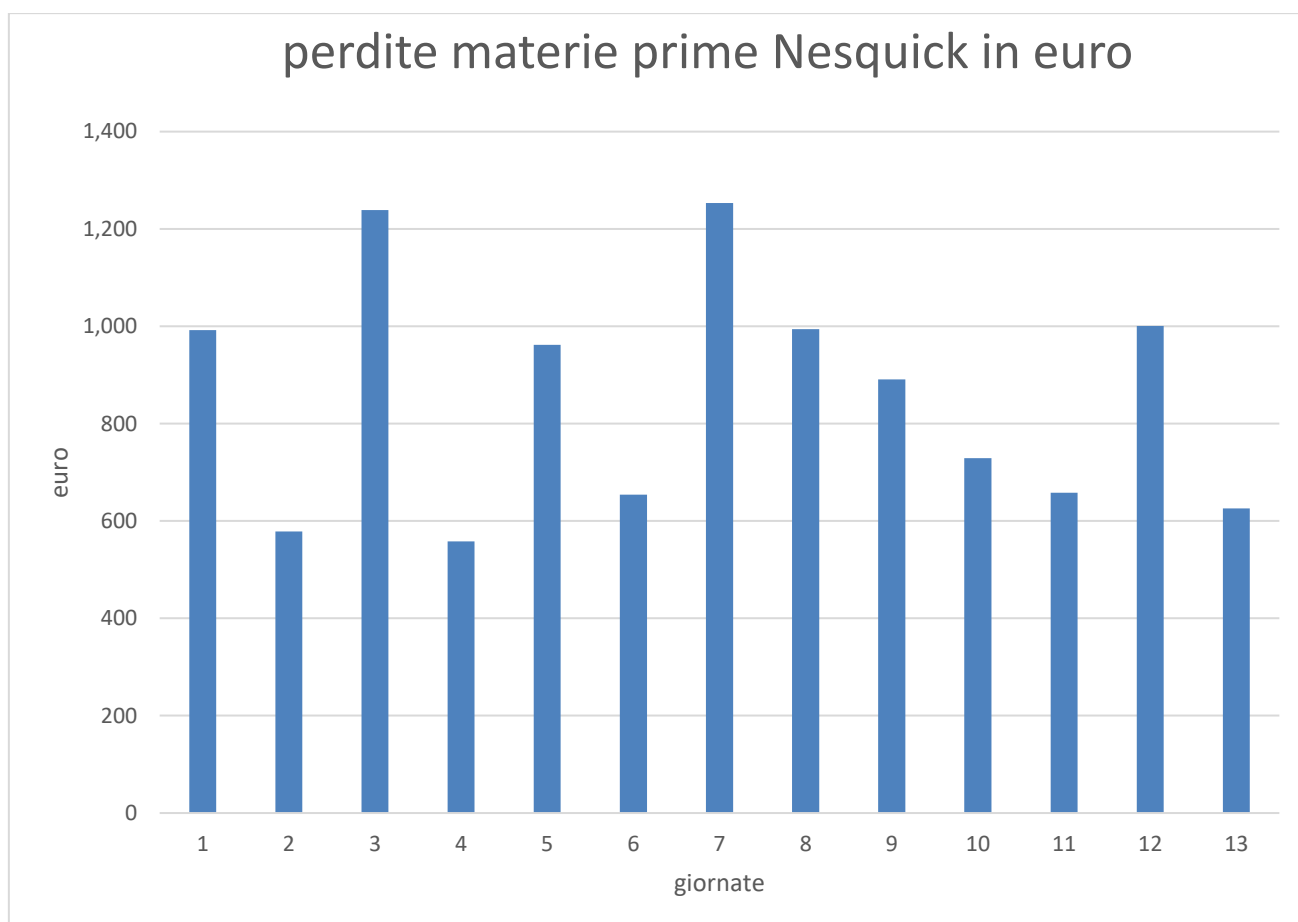


Figura 62 perdite nesquik

Nel grafico di [figura 62] sono riportate le perdite valorizzate in euro per le giornate di produzione di nesquik

Le perdite di latte e preparato al cacao per la referencia Nesquik ammontano a 11137 euro per i 13 giorni considerati; spalmati sulle 3 settimane di produzione in esame si superano i 3500 euro a settimana di perdita su un'unica referencia; mantenendo una produzione a questi ritmi e in questa modalit  sarebbero 182000 euro di perdite annue

Le perdite, come visto nelle tabelle in precedenza, sono state suddivise in scarti percentuali step by step; dall'analisi emerge che 2 punti molto critici che generano scarti e costi sono il riempimento delle linee del tank asettico e le perdite di confezionamento (le prime pi  elevate, ma le seconde pi  costose a parit  di volumi persi), seguite poi da perdite per riempimento e svuotamento almix e VTIS

Le perdite sul riempimento delle linee del tank asettico sono aumentate negli ultimi anni (vecchi conteggi stimavano 300 litri di perdita); nel periodo di analisi hanno avuto un valore medio oltre i 600 litri per il singolo riempimento; valore molto elevato dovuto all'allungamento della tubazione e alla sua diversa conformazione; cambiamenti avvenuti negli anni recenti.

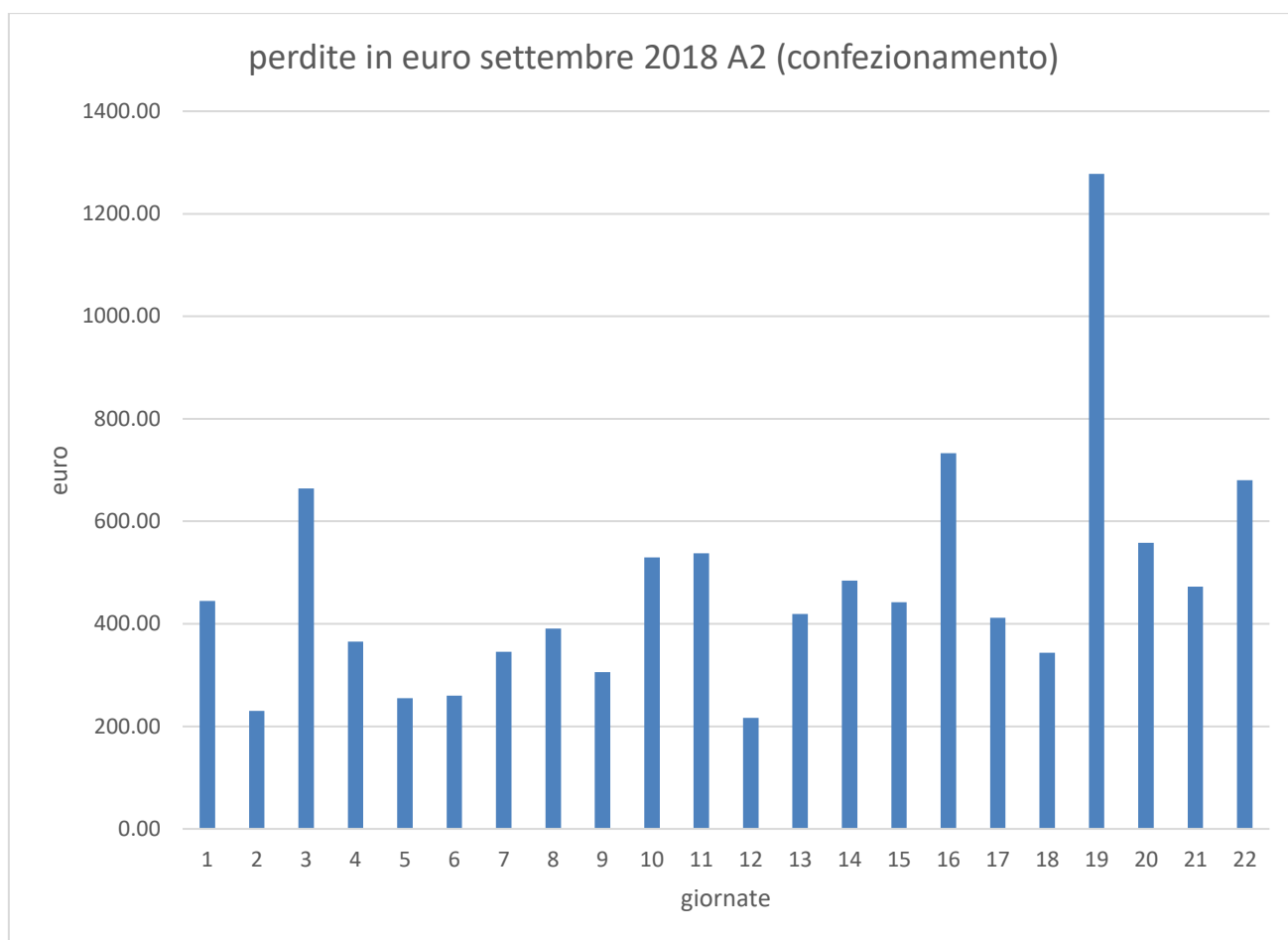


Figura 63 perdite totali linea A2 settembre 2018

Nel grafico di [figura 63] sono riportate le perdite valorizzate di tutte le referenze confezionate sulla linea A2 nel mese di settembre; si ricorda che sono conteggiate solo le perdite del confezionamento siccome per molte referenze risulta intracciabile il percorso di pastorizzazione.

Sul solo confezionamento, sulla sola linea A2, sono stati scartati in settembre 25.921 pacchetti pieni delle referenze prodotte, per un valore totale superiore ai 10000 euro, le giornate con scarti più elevati sono nesquick; (evidentemente la linea più lunga per la lavorazione nesquick genera più errori, unitamente al fatto che si parla di volumi di produzione maggiori). I valori molto bassi sono riferiti a giornate di scarsa produzione.

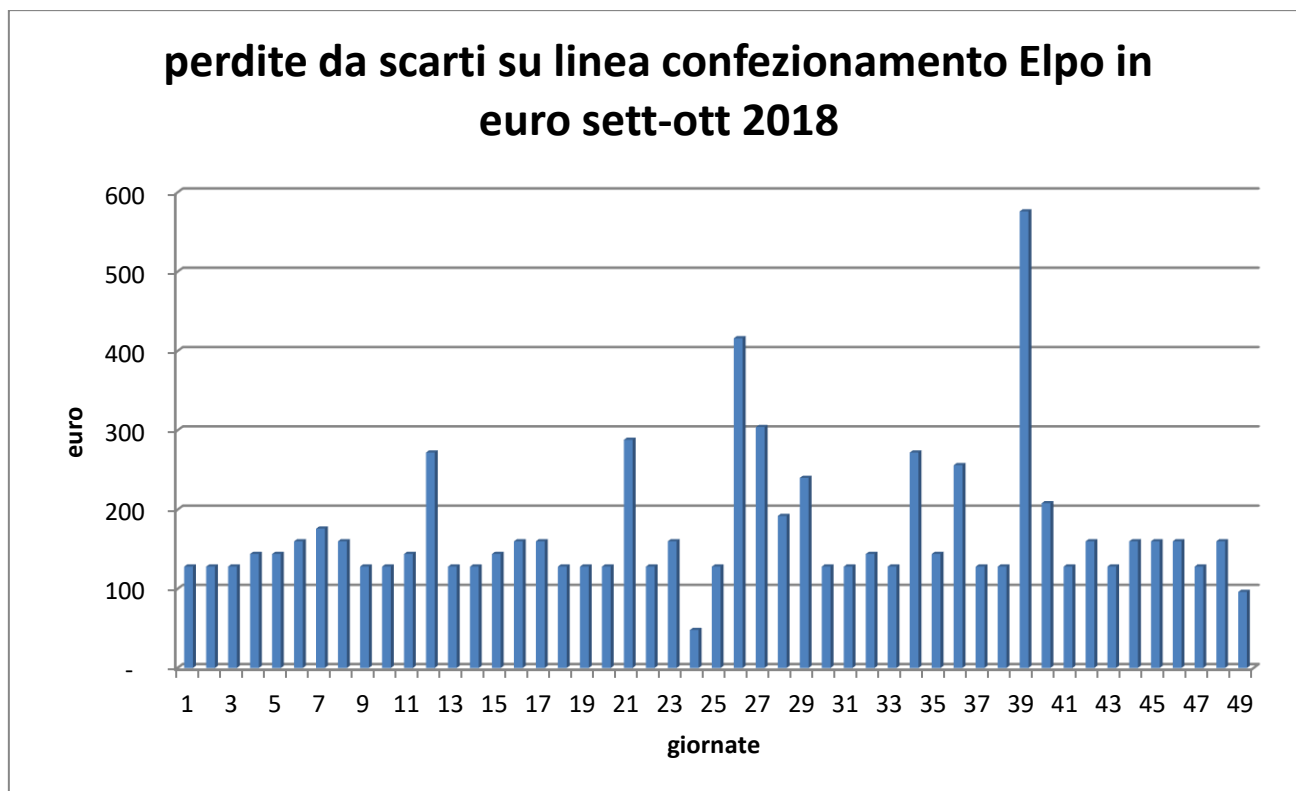


Figura 64 perdite su Elpo dovute agli scarti (settembre-ottobre 2018)

In [figura 64] possiamo osservare il grafico delle perdite valorizzate su ELPO; si nota immediatamente che al di fuori di alcune giornate in cui ci sono stati scarti più elevati a causa di malfunzionamenti, gli scarti sono pressochè costanti e quella quantità fissa è rappresentata dai prelievi di laboratorio; bisogna infatti considerare che sulle confezioni da 5 e 10 lt il prelievo prevede la perdita totale del prodotto, confezione e etichetta. Questo perché le analisi devono comunque essere fatte sulla confezione finale per come viene venduta al cliente, solo questo può assicurare il mantenimento del livello di qualità che ci si è prefissati.

Le perdite di confezionamento e i prelievi di laboratorio per i 2 mesi considerati su ELPO ammontano a 9000 euro. Su questo macchinario il costo maggiore di perdita è dato dalle analisi e dalle inefficienze che conseguono al lavoro manuale degli operatori.

3.4 Problemi di sovrapproduzione e sottoproduzione

Si è visto precedentemente che la distribuzione della produzione delle giornate è molto disomogenea, andiamo quindi ad analizzare in che misura la produzione rispetta gli ordini di produzione evasi.

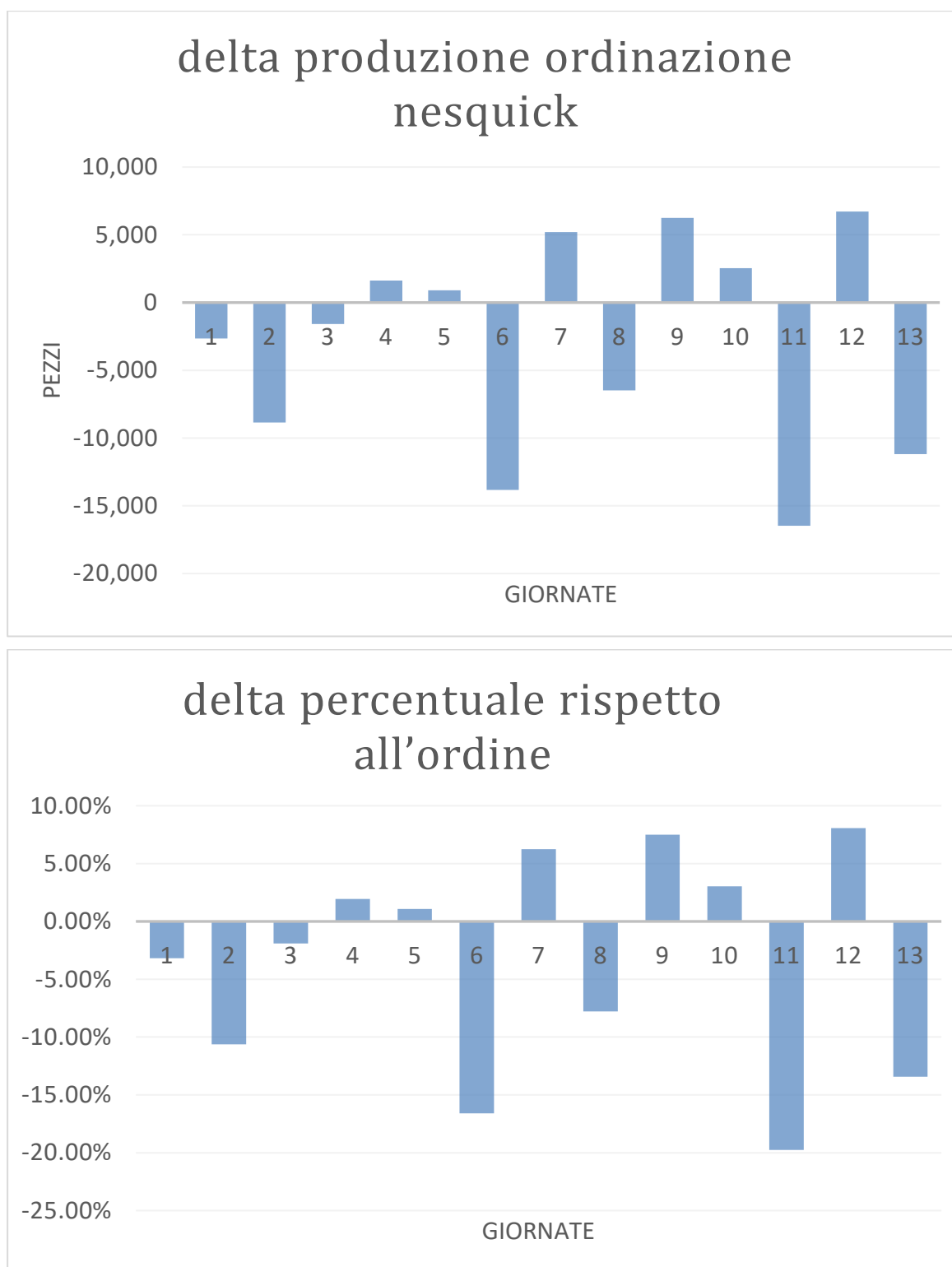


Figura 65 grafici delta produzione-ordini

Nei grafici di [figura 65] sono riportate le differenze tra la produzione effettiva della sola referenza nesquik nelle giornate e l'ordine di produzione; nel grafico a sinistra il valore è considerato in quantità di pezzi in più o in meno prodotti, il grafico di destra indica invece la percentuale di scostamento.

L'ordine di produzione è costante nelle giornate, ma le quantità effettive prodotte si scostano di molto dall'ordine e lo fanno in modo altalenante, sintomo anche della non costanza delle ore-uomo utilizzate, il totale settimanale devia in media di un 4% sugli ordini totali (sottoproduzione); considerando perdite tra l'8 e il 10% di materia prima, una migliore gestione di turni e perdite potrebbe già essere un buon inizio per far fronte alla domanda senza caricare altri serbatoi per la referenza considerata.

In questo caso i 2 grafici sono uguali poiché ci troviamo di fronte a un ordine di produzione costante nei giorni.

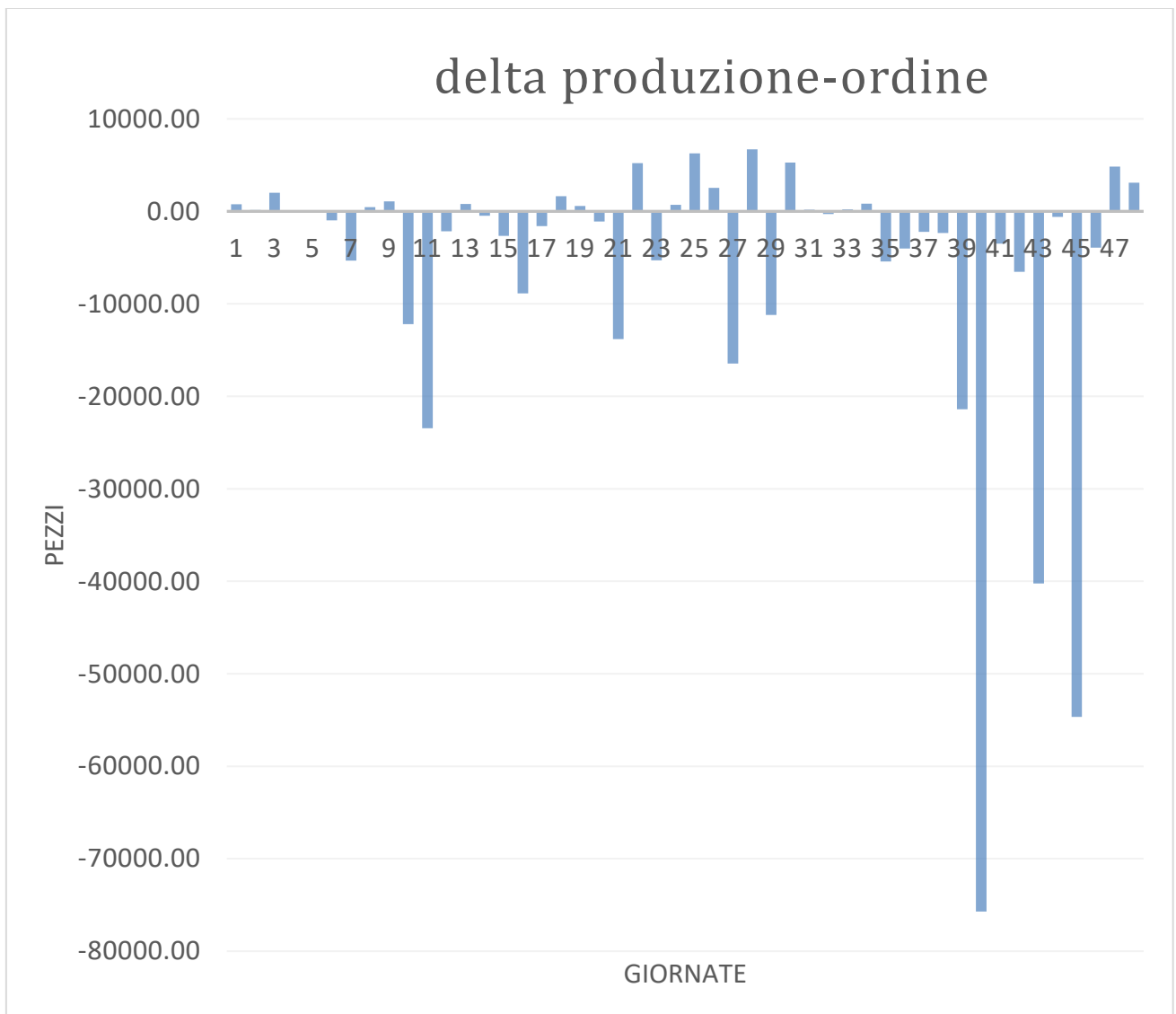


Figura 66 grafico delta produzione - ordine su linea A2 (tutte le referenze)

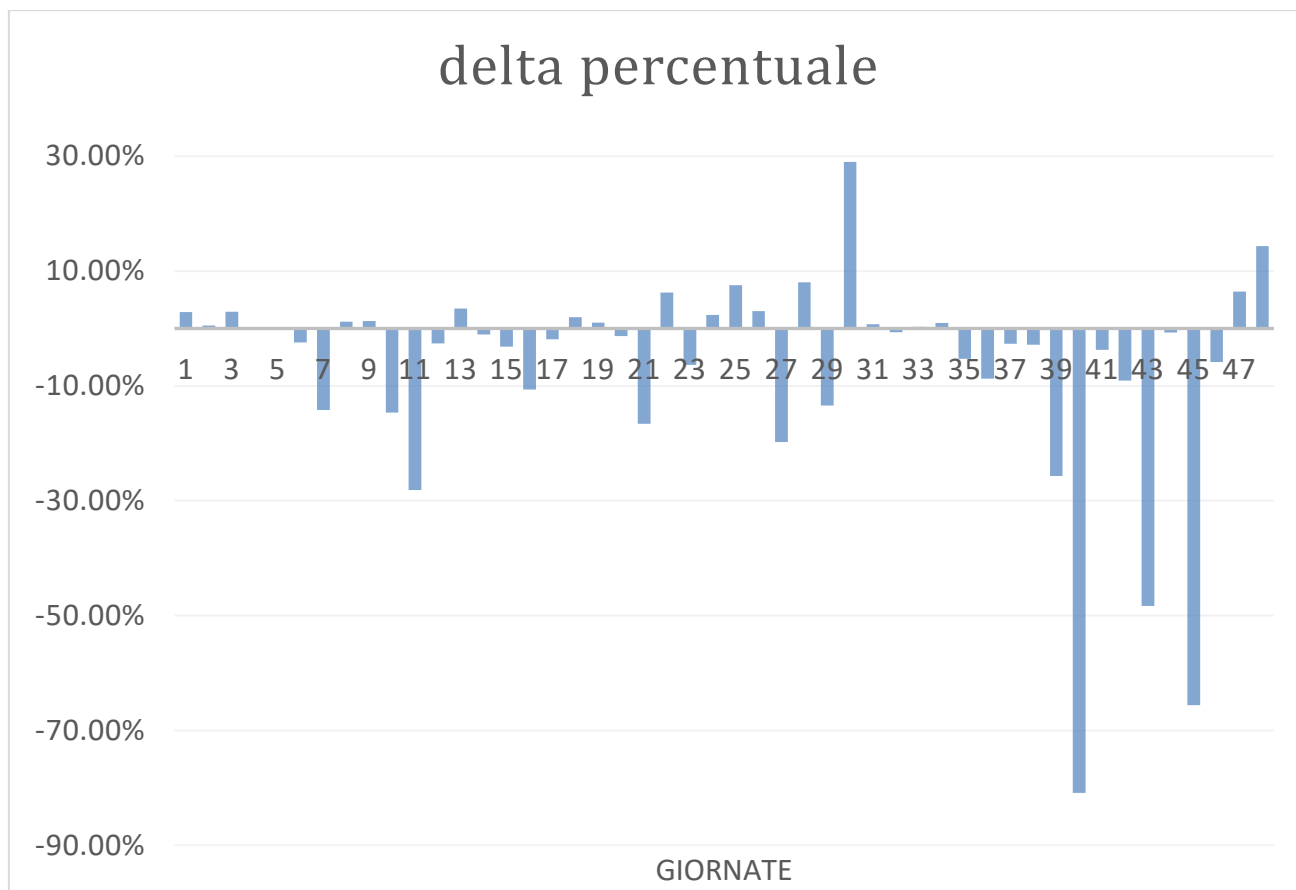


Figura 67 grafico delta produzione - ordine su linea A2 (tutte le referenze) percentuale

In [figura 66 e 67] ci sono i grafici analoghi a quelli sulla singola referenza nesquik su settembre ma che riportano tutti i dati della linea A2 (nesquik compreso) nei mesi di settembre e ottobre.

Determinare in modo accurato le perdite e il funzionamento delle linee unitamente all'analisi dei vincoli di capacità per gli ordini di produzione eviterebbe problemi di questo tipo dove si produce in grande eccedenza o non si arriva ai quantitativi di ordinazione.

Deviazioni percentuali del 5% cominciano a essere importanti; la soluzione potrebbe essere una maggiore integrazione e interazione fra emissione ordini di produzione consapevoli dei vincoli di capacità e programmazione produzione.

In questo caso il grafico percentuale è più significativo di quello quantitativo perché gli ordini di produzione variano di giorno in giorno in base alle referenze e i setup che ci sono di mezzo, ad esempio nel giorno 30 sembra ci sia una piccola sovrapproduzione ma in percentuale pesa per il 30% dell'ordine di produzione giornaliero.

sovrapproduzione/sottoproduzione ELPO sett-ott 2018

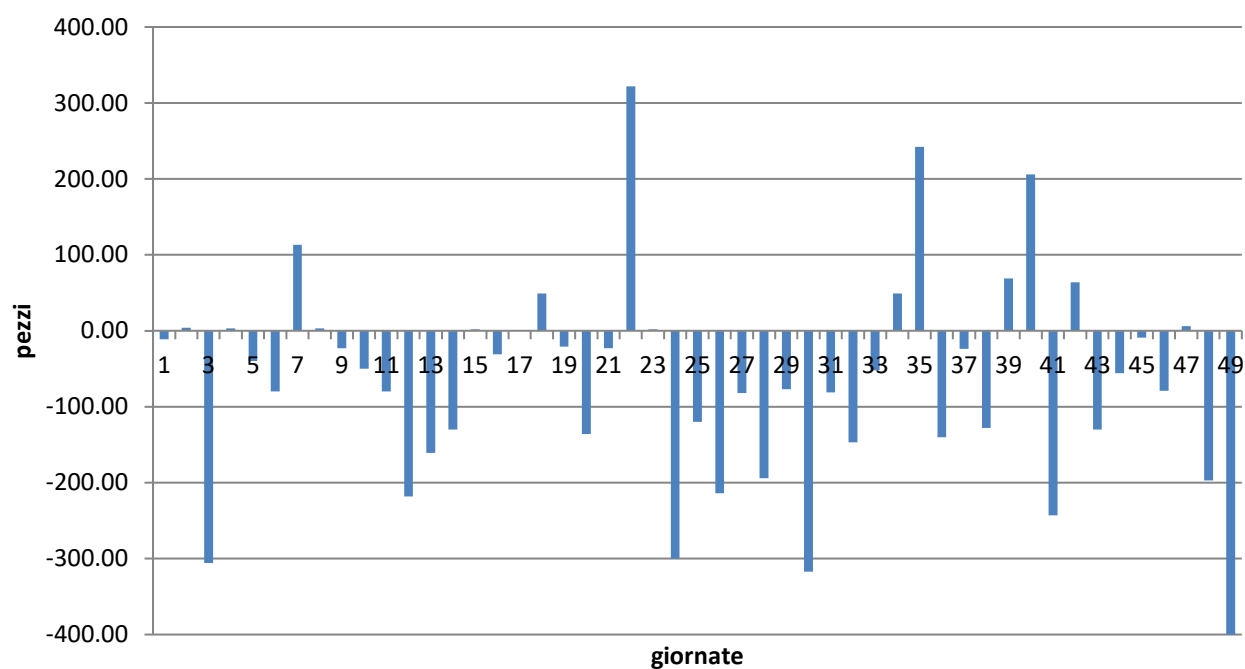


Figura 68 delta produzione-ordini su ELPO

sovrapproduzione/sottoproduzione percentuale ELPO sett-ott 2018

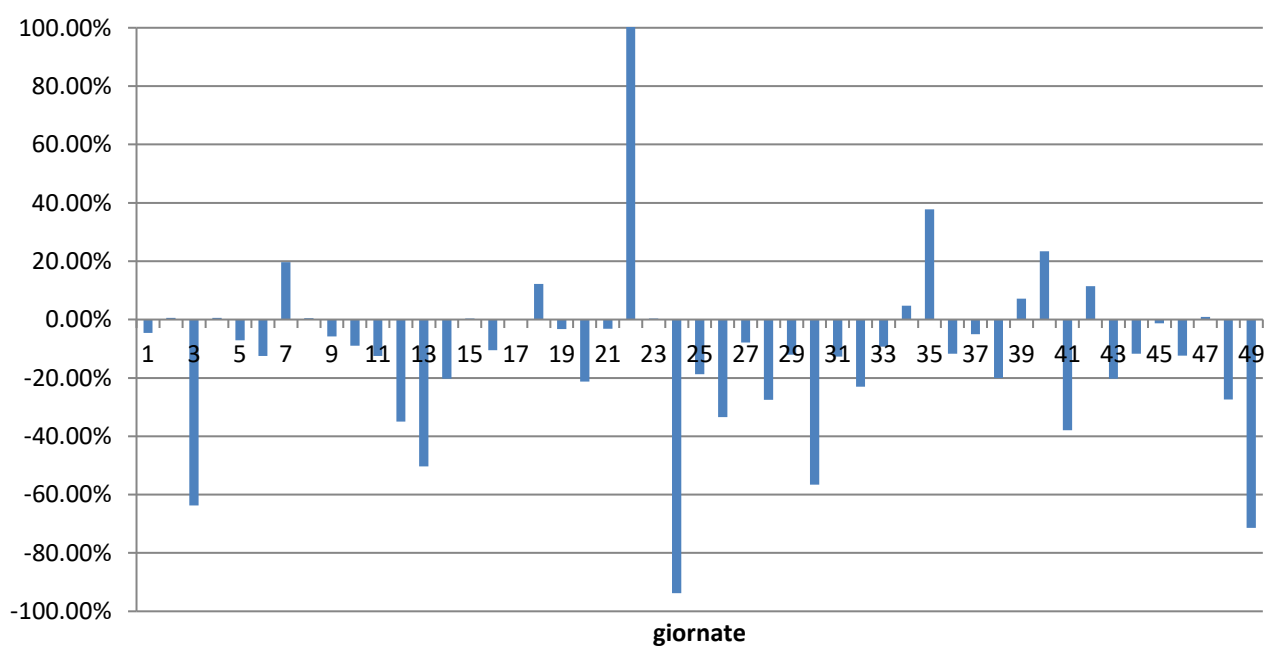


Figura 69 delta % produzione -ordini su ELPO

Nelle [figure 68 e 69] sono presenti i grafici che riguardano la linea ELPO.

Le differenze della produzione con gli ordini di produzione sono molto elevate, si analizza ora la variazione percentuale per rendersi conto del peso di queste differenze.

Mediamente si ha un deficit della produzione rispetto agli ordini, esso potrebbe essere sanato da un aumento di efficienza; sarebbe utile verificare la possibilità di un aumento di domanda di questi prodotti per far fronte alle quali sarebbe opportuno un Throughput di produzione superiore ottenibile da un nuovo macchinario.

3.5 Ridefinizione delle distinte basi

Alla luce dei calcoli sulle perdite è stato possibile ricavare le quantità esatte di materie prime necessarie al prodotto finito per diverse referenze; siccome su SAP le distinte basi registrate aziendaliamente non tenevano conto di tutte queste perdite, questo studio ha portato a ridefinire le distinte basi dei prodotti analizzati.

LITRI	KILOGRAMMI	pezzi	pezzi	pezzi	pezzi												
Latte uht pastorizzato o necessario per 1000 litri di latte e nesquik	Kg di preparato al cacao necessari per 1000 litri di latte e nesquik (5555 pz)	pacchetti di tetra pack necessari per 1000 lt (5555 pz)	cannucce necessari e per 1000 lt (5555 pz)	nastri Twin pack necessari per 1000 lt (5555 pz)	scatole di cartone necessarie per 1000 lt (5555 pz)	litri latte uht pastorizzato per 120000 pezzi	kili nesquik per 120000 pezzi	CONT.LATTE & NESQUIK 180ml per 120000 pezzi	CANNUCIA 165 mm per 120000 pezzi	SCAT.LATTE & NESQUIK 180ml	ETICH. NEUTRA BIANCA 80 x 50 mm.	SLEEVE AGITA & GUSTA NESQUIK LEFT SIDE	SLEEVE AGITA & GUSTA NESQUIK RIGHT SIDE	kg COLLA STRAWFIX 100	litri AZOTO ALIMENTARE		
				molto lievitato													
1049,44	77,95	5644,95	5574,18	1901,22	231,81	22667,9591	1683,69249	120903	120402	5007,08	5007,08	41066,3	41066,3	4800	2400		
1058,44	78,62	5671,72	5594,85	1866,39	232,91	22862,2998	1698,1274	121311	120849	5030,93	5030,93	40314	40314	4800	2400		
1043,76	77,53	5631,70	5577,82	1856,98	232,16	22545,2388	1674,57728	120861	120481	5014,76	5014,76	40110,8	40110,8	4800	2400		
1056,36	78,39	5695,96	5575,34	1858,05	232,62	22817,354	1693,19764	120990	120427	5024,64	5024,64	40133,9	40133,9	4800	2400		
1082,95	80,44	5711,30	5581,38	1859,76	232,31	23391,8129	1737,45768	121340	120558	5017,89	5017,89	40170,8	40170,8	4800	2400		
						22856,9329	1697,4105	121081	120543	5019,06	5019,06	40359,2	40359,2	4800	2400		

Figura 70 tabella per definizione distinta base (nesquik)

In [figura 70] è riportata la porzione finale della tabella degli scarti che avevamo analizzato in precedenza, a titolo esemplificativo stiamo sempre parlando della referenza Nesquik; nella parte gialla è stata calcolata la quantità di ogni componente necessario per avere 1000 litri di prodotto idoneo finale conteggiando le percentuali di scarti dei singoli materiali. Ogni settimana di produzione ha i suoi valori da cui viene poi estratta una media. Nelle colonne di destra si è invece ricalibrato il tutto su 120000

pezzi di prodotto idoneo finale; questo è stato fatto perché le distinte basi su SAP erano già strutturate su questa quantità.



Figura 71 distinta base nesquik su 1000 litri

La distinta base della referencia nesquik [figura 71] è strutturata tutta su un livello poiché non è possibile realizzare anticipatamente solo una parte del prodotto finito (come avviene ad esempio in ambito automotive).

Su SAP precedentemente la distinta base era impostata con minori utilizzi di materiali rispetto alla soprastante; infatti non teneva conto delle reali perdite sulla produzione nesquik, ma di valori distribuiti sull'intera produzione della Centrale. Le analisi degli scarti svolte permettono di generare distinte basi realistiche per attribuire il giusto peso alle differenti referenze.

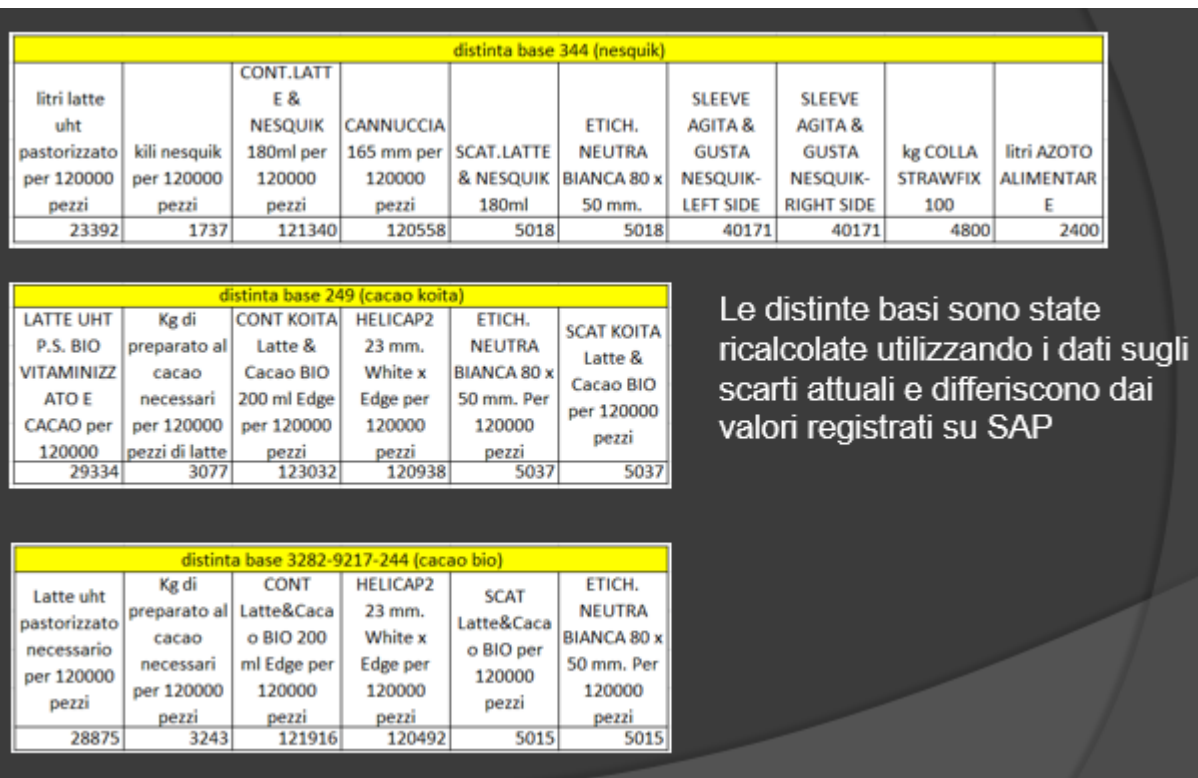


Figura 72 distinte basi su 120000 pezzi

Nella tabella di [figura 72] sono presenti alcuni esempi di distinte basi ricalcolate su 120000 pezzi.

3.6 Throughput di produzione

È molto importante per analizzare le linee produttive e la loro efficienza tenere in considerazione i parametri fondamentali: Tempo ciclo, Work in process, Throughput.

Tenendo a mente lo schema di [figura 46] che rappresenta tutte le WS della linea A2, vediamo qual è la situazione teorica di targa e reale sulla linea in questione:

Prestazione linea teorica

- TH = 9000 Pz/h
- WIP = 540 Pz
- CT = 3,6 min (calcolato da riempimento a fine inscatolamento)

ma

Prestazione linea reale

- TH reale medio = 7455 Pz/h
- WIP = 514
- CT reale medio = 4,14

$$Wip = TH * CT$$

Figura 73 situazione teorica e reale linea A2

In [figura 73] possiamo vedere i dati teorici e reali (calcolati empiricamente) riguardanti le prestazioni della linea A2

Rispetto ai dati di targa della linea (se nulla andasse storto), il throughput reale è l'82,8%, nonostante la presenza di un buffer sulla linea che gestisce i fermi macchina più brevi.

Osserviamo in alcuni grafici come cambia il TH di una referencia singola o dell'intera linea.

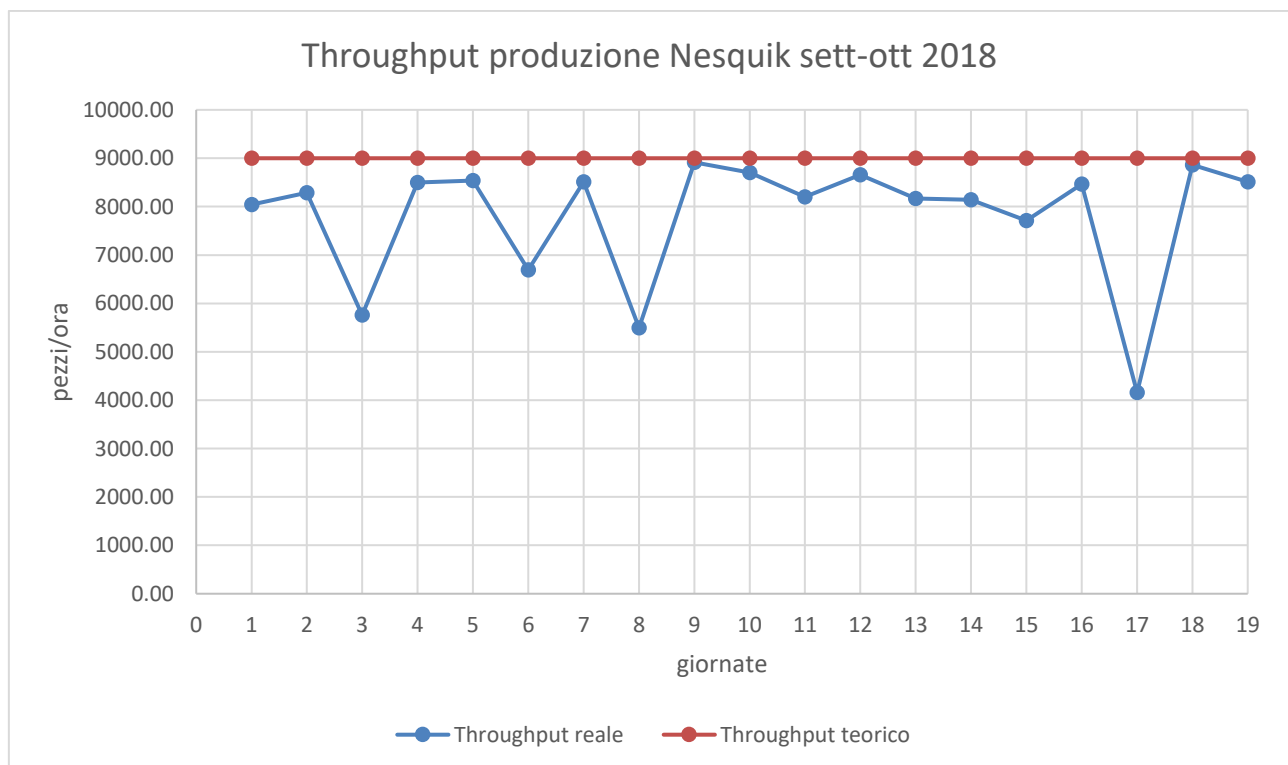


Figura 74 TH nesquik

Nel primo grafico [figura 74] sono riportati il TH reale e di targa in 19 giornate di produzione esclusivamente della referenza nesquik su linea A2.

È possibile calcolare per differenza il numero di pezzi che si sarebbero potuti fare in più (se la produzione fosse andata sempre come uno dei giorni migliori) in modo da avere un'idea del margine di miglioramento disponibile.

Solo in questi 19 giorni la mancata produzione della referenza nesquik causata da inefficienze è stata di 251646 pezzi (ottenibili in più dalle stesse ore di lavoro) per un valore di 50.329 euro.

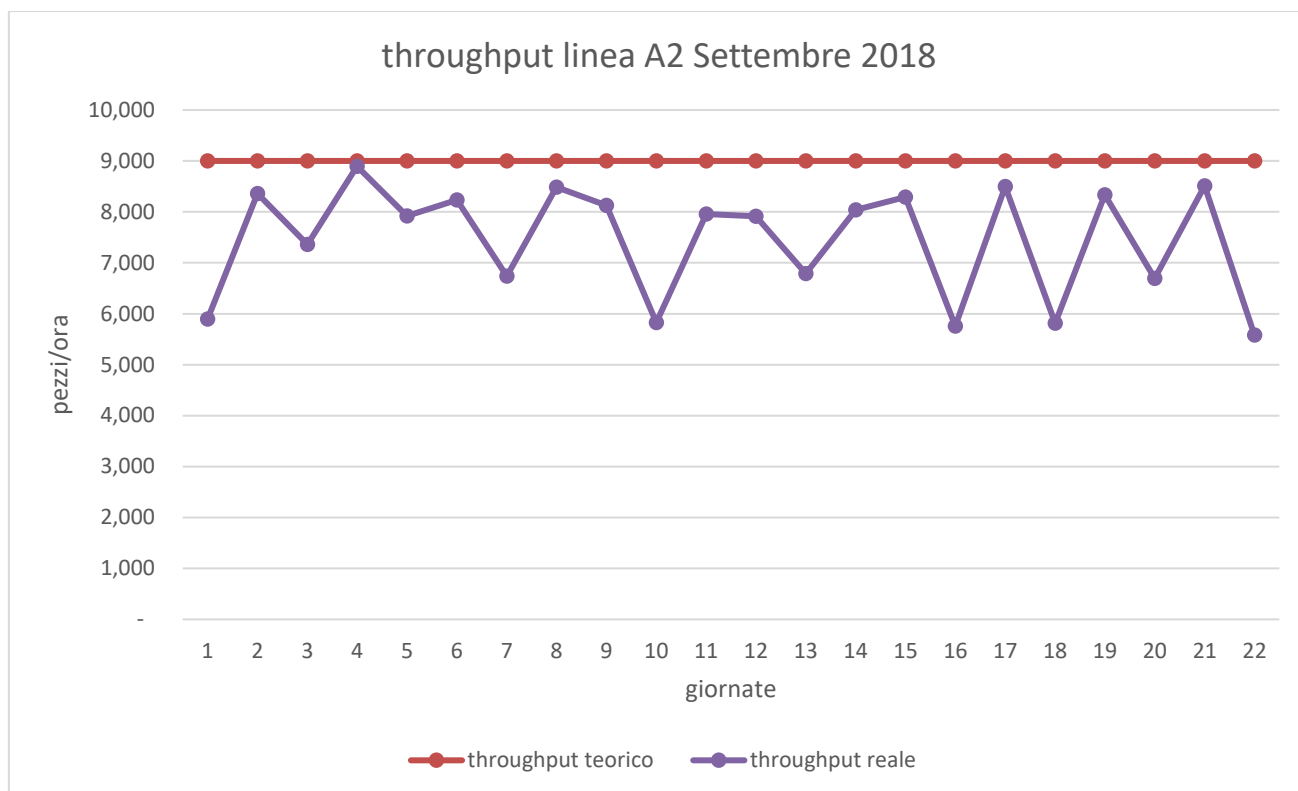


Figura 75 TH teorico e reale di tutte le referenze della linea A2 nel mese di settembre

In questo secondo grafico [figura 75] sono riportate le 22 giornate di produzione del mese di settembre sulla linea A2 (tutte le referenze); in questo caso quindi in alcune giornate il TH può essere abbassato anche dai setup.

L'andamento è molto scostante e i guasti che causano fermi lunghi sono all'ordine del giorno.

Se la produzione andasse sempre come nella giornata 4, in settembre la EDGE avrebbe (nelle stesse ore-uomo di lavoro) prodotto 310.831 pezzi in più, per un valore di vendita di circa 124.000 euro

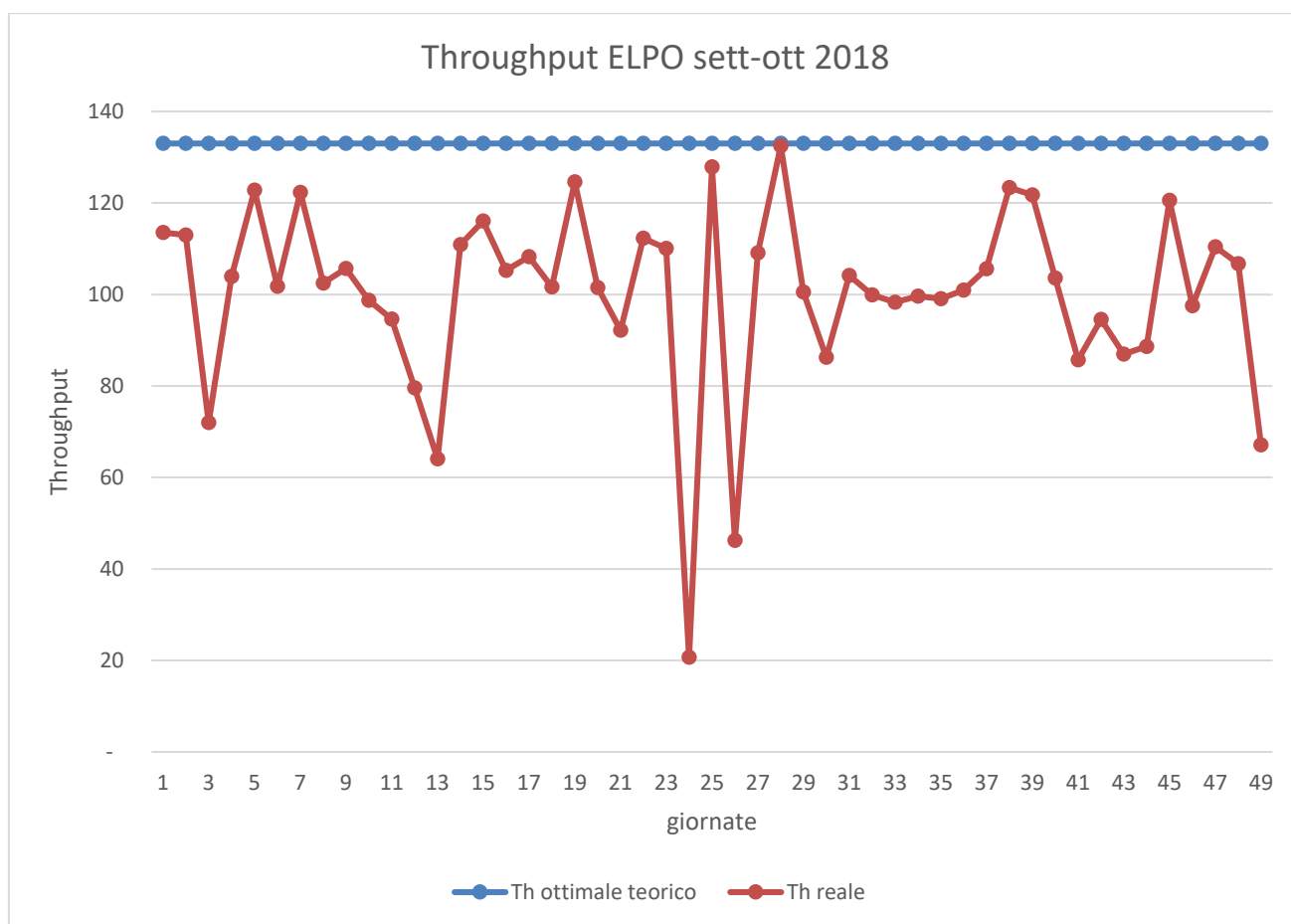


Figura 76 TH teorico e reale ELPO settembre e ottobre 2018

Il terzo grafico riguarda invece la linea Elpo, dove il TH massimo svolto dagli operatori è stato di 133 pezzi all'ora, in questo caso oltre a tutte le considerazioni fatte in precedenza sui guasti o microfermate, bisogna considerare anche il fatto che l'operatore ha una sua efficienza, variabile nel tempo e variabile da persona a persona. Se si fosse lavorato sempre come nella giornata 28, nelle stesse ore uomo in questi 2 mesi si sarebbero prodotti 8311 pezzi in più, per un valore indicativo di circa 133000 euro.

3.7 Efficienza linee e composizione dell'indice OEE

Utilizzando i dati ricavati e organizzati in tabelle come quelle viste in precedenza [figura 58] sono stati tracciati i grafici per i singoli componenti Dell'OEE (disponibilità, efficienza e qualità) e per l'indice stesso.

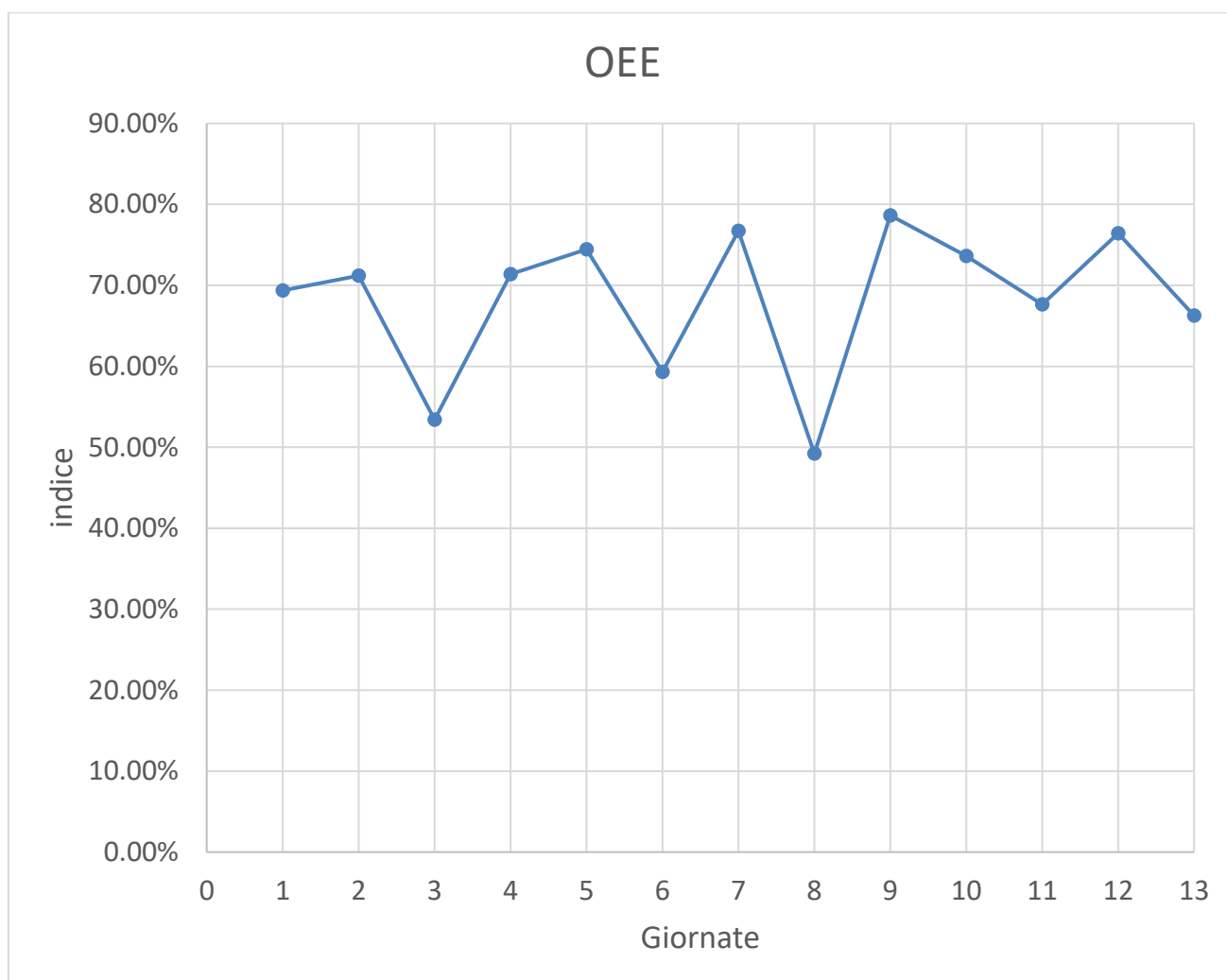


Figura 77 OEE nesquik settembre 2018

In questo primo grafico [figura 77] è riportato l'andamento dell'OEE per la singola referenza nesquik sul confezionamento di settembre 2018; si è quindi analizzata la singola referenza o il singolo ciclo di lavoro per poter confrontare le prestazioni diverse e attribuire cause di inefficienza globale ai singoli processi.

Ricordiamo che un buon valore dell'indice dovrebbe essere superiore al 90%; per poter individuare le direzioni da prendere per poter migliorare il parametro saranno successivamente classificate le cause di inefficienza/guasti.

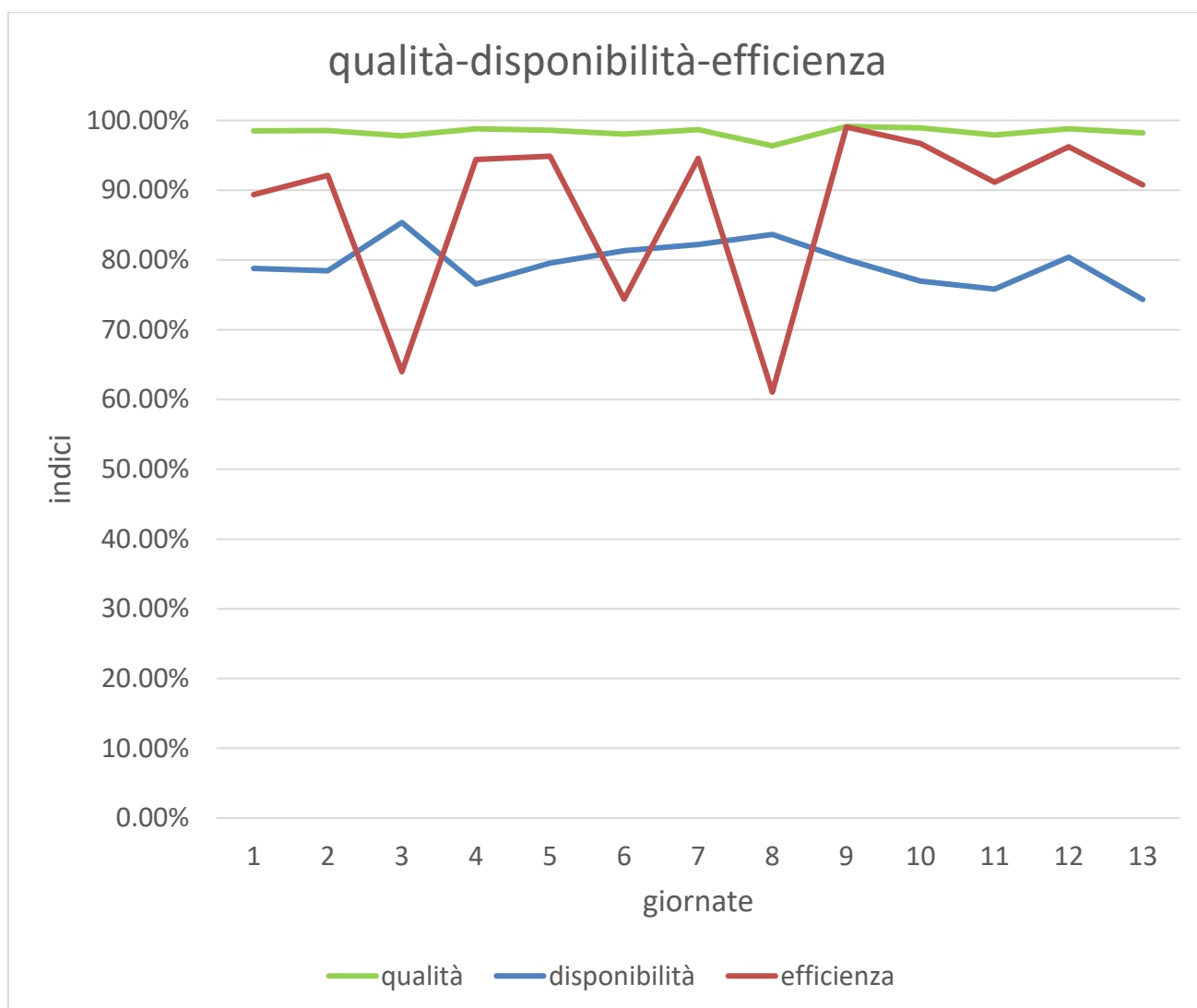


Figura 78 componenti OEE nesquik settembre 2018

In questo secondo grafico [figura 78] l'indice è stato scomposto nei 3 sotto indici.

Le 2 componenti più critiche che riguardano la produzione del nesquik sono la disponibilità e l'efficienza, in particolare è da notare l'andamento dell'OEE dettato dalle oscillazioni del parametro efficienza; la variabilità molto alta del parametro è da considerarsi anch'essa un'inefficienza.

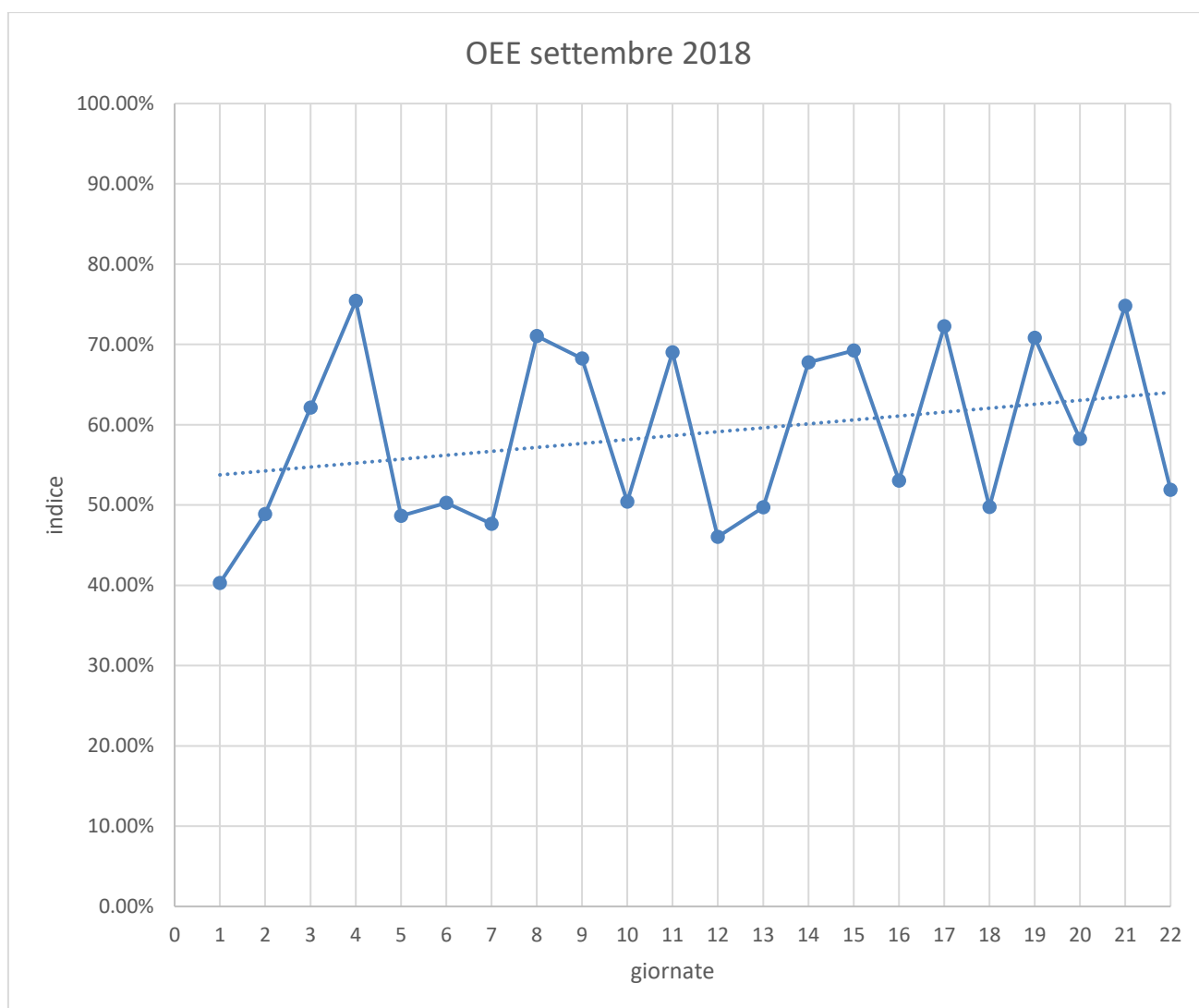


Figura 79 grafico OEE settembre 2018 A2 EDGE

Il grafico di [figura 79] riporta l'OEE di settembre 2019 della linea A2 EDGE.

Il Trend è dettato dall'aumento delle ore lavorate in una giornata con conseguente aumento del fattore disponibilità (l'allungamento dei turni di lavoro avrebbe quindi un impatto positivo sull'OEE); un buon valore sarebbe oltre 90%; analizziamo a cosa è dovuto l'apparente trend crescente di settembre:

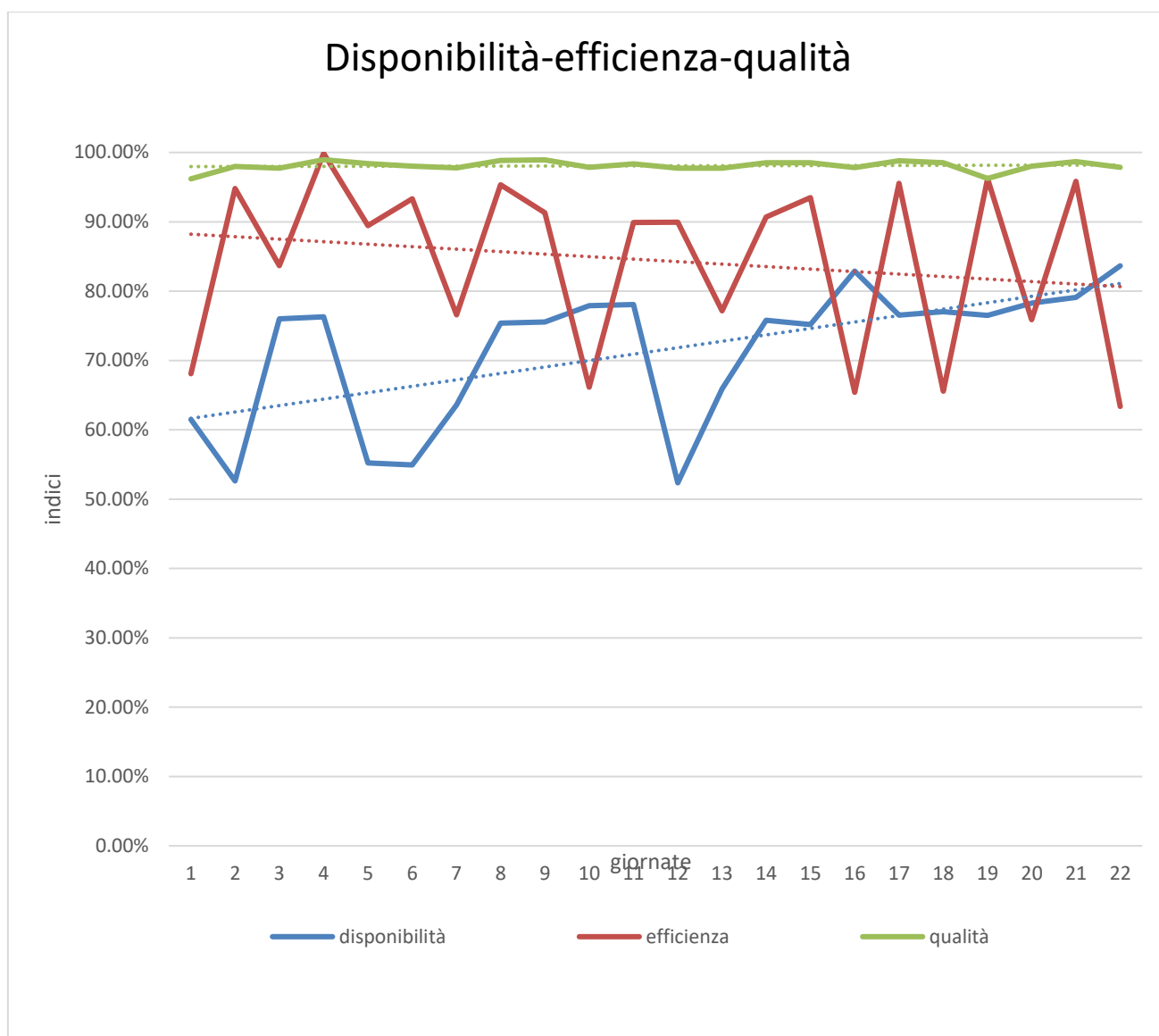


Figura 80 grafico componenti OEE settembre 2018 A2 EDGE

Se scomponiamo l'OEE nei 3 indici [figura 80] ci rendiamo conto di

cosa sta sotto all'aumento dell'OEE nel corso del mese (come anticipato dovuto agli aumenti della disponibilità)

Scomponendo nei fattori si osserva che in parallelo all'aumento della disponibilità c'è stata anche una diminuzione di efficienza, valore molto altalenante tra il 60 % e il 100%; con i dati dei mesi successivi e con i tentativi di modifica dei turni emergono meglio eventuali correlazioni e cause. Risulta chiaro che analizzare i trend specifici sui dati di un solo mese non è significativo, inoltre l'interpretazione può essere ulteriormente falsata dal non considerare i singoli fattori.

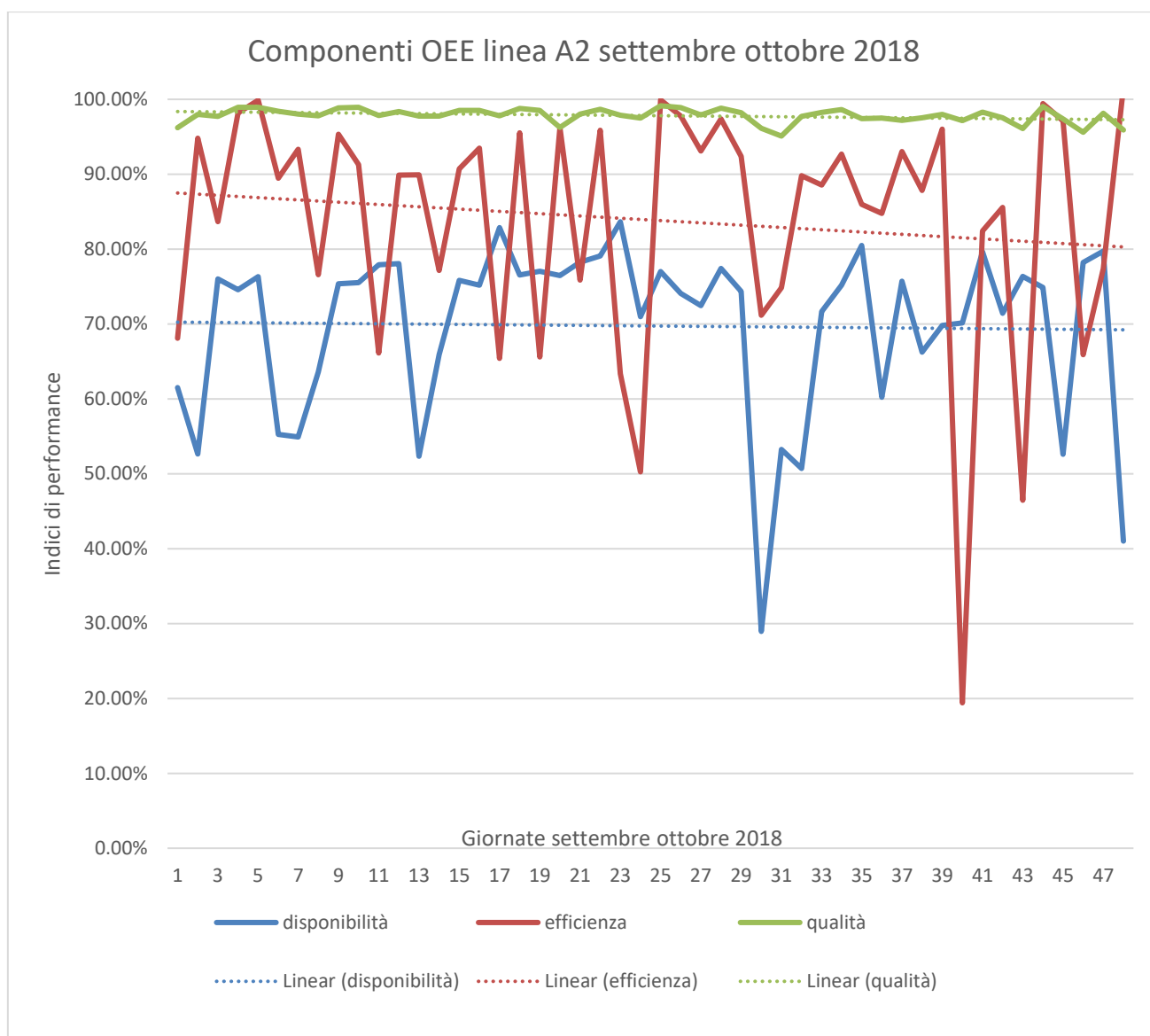


Figura 81 grafico componenti OEE sett-ott 2018 A2 EDGE

Analizzando i dati raccolti con il mese successivo [figura 81] ci si rende subito conto che essi smentiscono una correlazione inversa tra disponibilità ed efficienza sulla linea A2 ma confermano in modo peggiorativo le altre ipotesi.

La tendenza è negativa per tutti e 3 i parametri ed in particolare per l'efficienza, sintomo di un'occorrenza molto frequente di guasti nel mese di ottobre. Il modo per migliorare la situazione è andare a definire quali sono le principali cause di fermi della produzione e trovare il modo di ridurle al minimo.

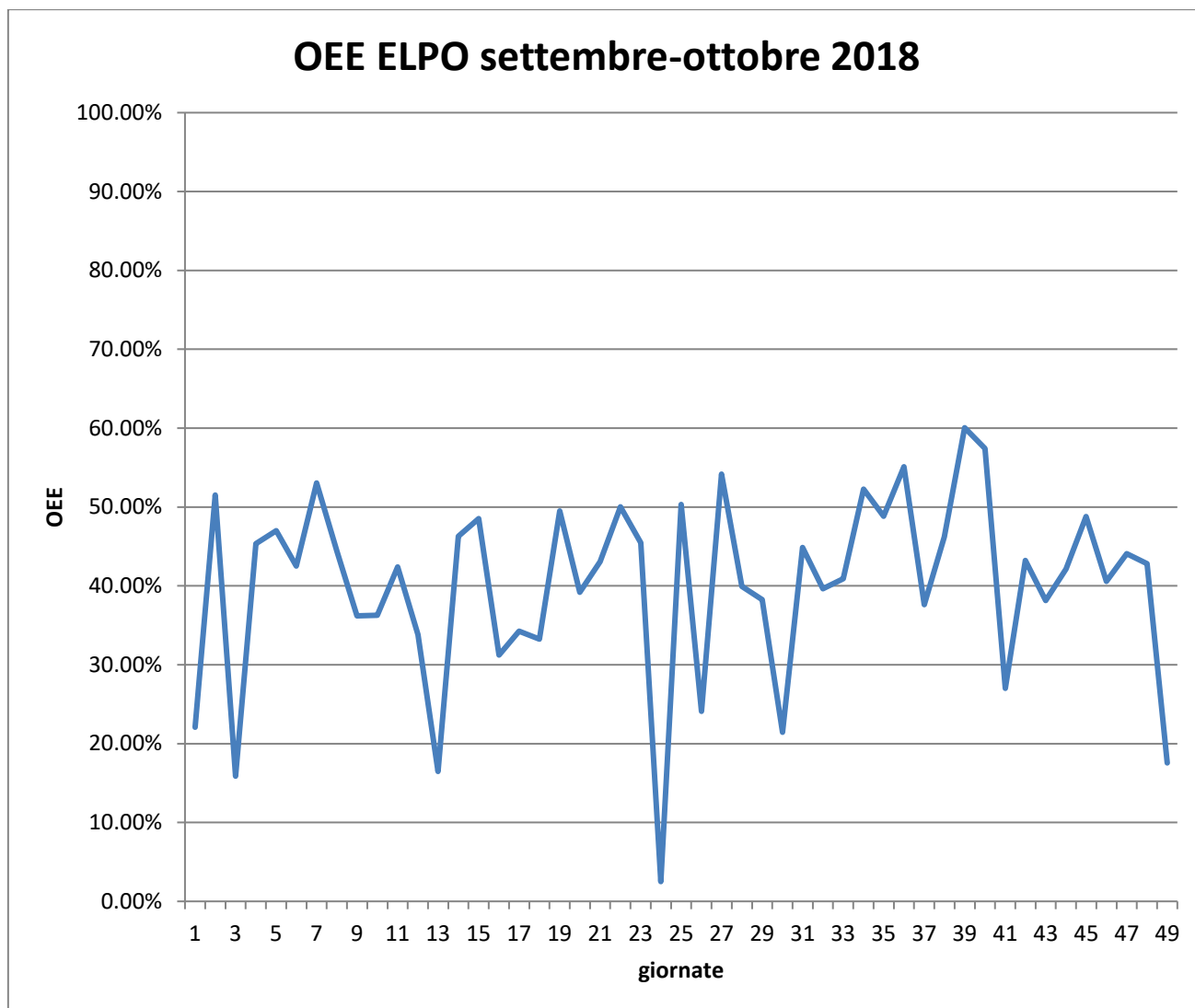


Figura 82 OEE ELPO sett-ott 2018

Come evidente dal grafico [figura 82] l'OEE risulta molto più basso sulla ELPO rispetto alle altre linee, le cause saranno da ricercare anche nella distribuzione del carico di lavoro, che sarà analizzato successivamente.

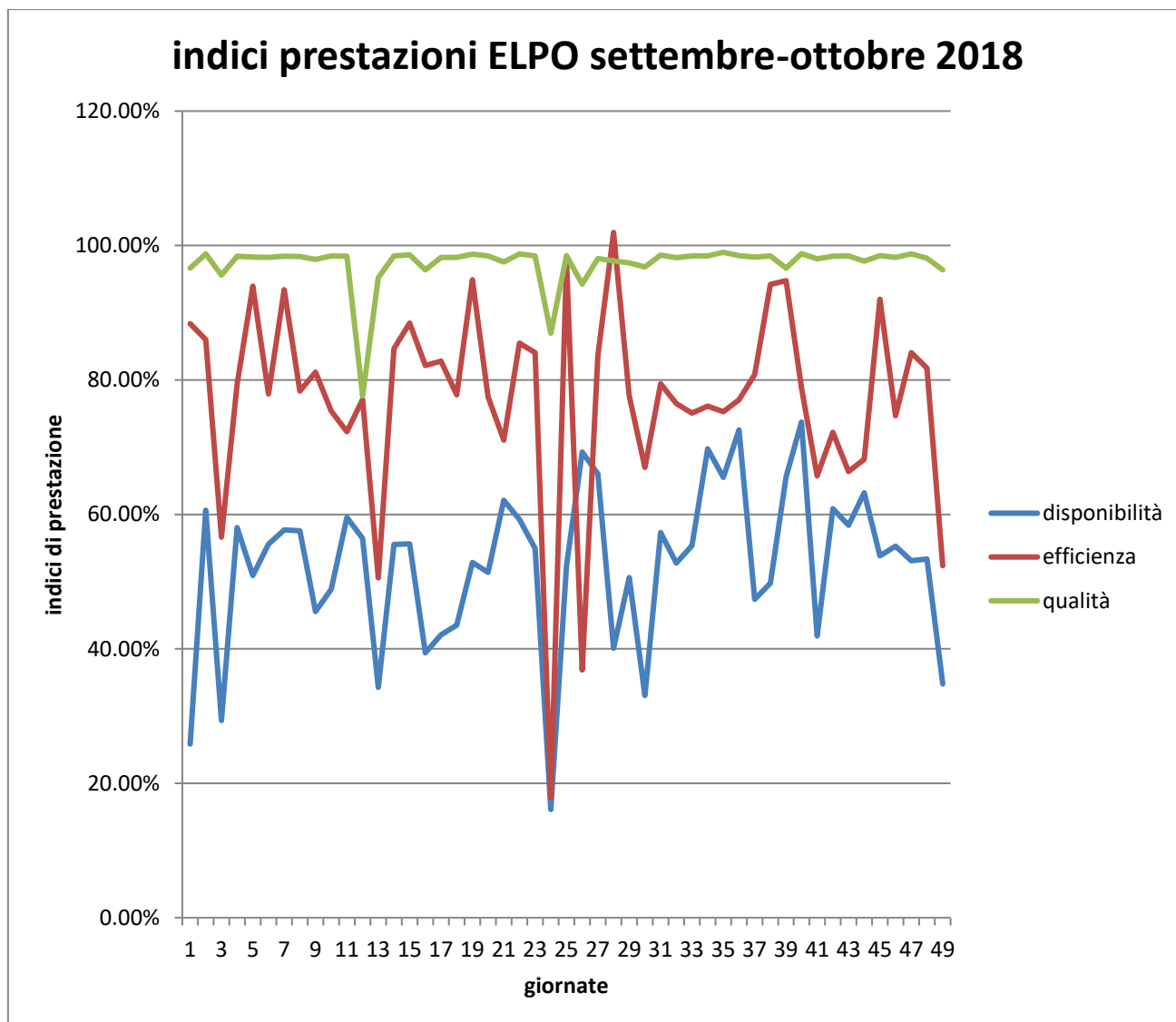


Figura 83 componenti OEE ELPO sett-ott 2019

In [figura 83] si osservano i 3 indici separatamente nel periodo di settembre-ottobre 2018 per la linea a supporto manuale ELPO.

Anche in questo caso i principali responsabili del basso OEE sono disponibilità ed efficienza, entrambi molto variabili oltre che migliorabili (anche la variabilità è un'inefficienza per la programmazione della produzione).

3.8 Classificazione delle inefficienze

Una volta verificato che le prestazioni non sono ottimali a causa di inefficienze si è andato a modificare il sistema di raccolta dei dati sui guasti per analizzare le cause di fermi e delle inefficienze ordinandoli per importanza per ogni linea di confezionamento. Vediamo ora l'esempio della linea A2; dapprima è stata fatta una tabella che raccogliesse tutti i dati registrati nei vari mesi di analisi [figura 84]; in

seguito, con opportuni grafici a torta, si è visualizzato quali sono le principali cause di fermi linea.

		dicembre data		01/12/2018		03/12/2018		04/12/2018		05/12/2018		06/12/2018		07/12/2018		10/12/2018		11/12/2018		12/12/2018		13/12/2018		14/12/2018		15/12/2018		
		guasto/	f	t	f	t	f	t	f	t	f	t	f	t	f	t	f	t	f	t	f	t	f	t	f	t	f	t
non disponibile semilavorato	mancanza latte	01																										
	mancanza panna	02														1	34			1	83							
impianto sterilizzazione	guasto sterilizzatore	07																										
	guasto omogenizzatore	08																										
	necessità lavaggio intermedio	05																										
	guasto confezionatrice	09	2	43	1	7	1	12	1	9			3	40							1	8	1	8	2	84		
	guasto tappatrice	20																								2	31	
	guasto trasporto tappi	06																										
confezionatrice	guasto azoto	19																										
	guasto cannucciatrice	11																										
	guasto twinpack	74																										
	guasto datari su confezione	22					1	6																				
	guasto scatolatrice	17			1	6			1	14	6	88	5	96	1	5					1	5	1	5	8	115		
	guasto palettizzatore	18	1	10	1	4							3	28			1	13								2	33	
impianti fine linea	guasto trasporto fardello	32																										
	guasto trasporto contenitori	36																										
	guasto appl. Etich. Fardello	25																										
	guasto stelle posiz. Contenitori	26																										
	guasto polmone linea	64										3	16			1	6			1	4							
	cambio prodotto	78			1	116			2	47																		
cambio referenza	cambio referenza	79			3	32	2	26				1	27			3	33									2	36	
	cambio serbat. A macchina																											
cambio serbatoio	cambio serbat. A macchina	80																										
	ferma	99																										
manutenzione	richiesta di manutenzione																											
	mancanza imballo primario	34					1	46																				
	difettosità cartoni per scatolatrici	37																										
	difettosità tappi	45																										
imballi primari	difettosità inchiostro datari	47																										
	difettosità fettuccia	49																										
	difettosità colla	51																										
	mancanza imballo secondario	52																										
imballi secondari	difettosità pedane	54																										
	mancanza corrente	27																										
	mancanza aria compressa	28																										
	mancanza acqua/acqua gelida	29																										
utilities	mancanza vapore	30																										
	mancanza operatore	33																										
	ritardo avvio confezionatrice	61																										
	cambio referenza non prevista	62																										
motivi organizzativi	fermo per manut. Programmata	63																										
	prodotto finito non conforme	03																										
prodotto non conforme	semilavorato non conforme	04																										
	riempimento altra linea	31																										
altre fermate	modifica velocità nominale macchina																											
		102																										
			3	53	7	165	5	90	4	70	10	131	11	164	6	78	2	18	2	87	2	13	2	13	16	29		

Figura 84 tabella dettagli guasti e fermi

La porzione di tabella di [figura 84] è riferita al mese di dicembre 2018; La prima colonna indica le macroaree, la seconda e la terza i particolari motivi di fermo e il relativo codice, le colonne successive per ogni giornata riportano la frequenza di accadimento e il tempo di durata dei fermi. Anche nei mesi precedenti è stato svolto lo stesso tipo di raccolta dati ma siccome mancavano molte voci della seconda colonna nel vecchio sistema di raccolta, dopo aver fatto formazione agli operatori sulla raccolta dei tempi di fermo, è stato inserito un nuovo foglio aggiornato per consentire una distinzione più accurata delle cause nei mesi successivi. L'ultima riga riporta i totali della giornata (a fine tabella ci saranno anche le somme per tipo di fermo e le relative percentuali, non visibili nella figura).

Cause inefficienze Edge sett-ott 2018 (cause 87% dei fermi)

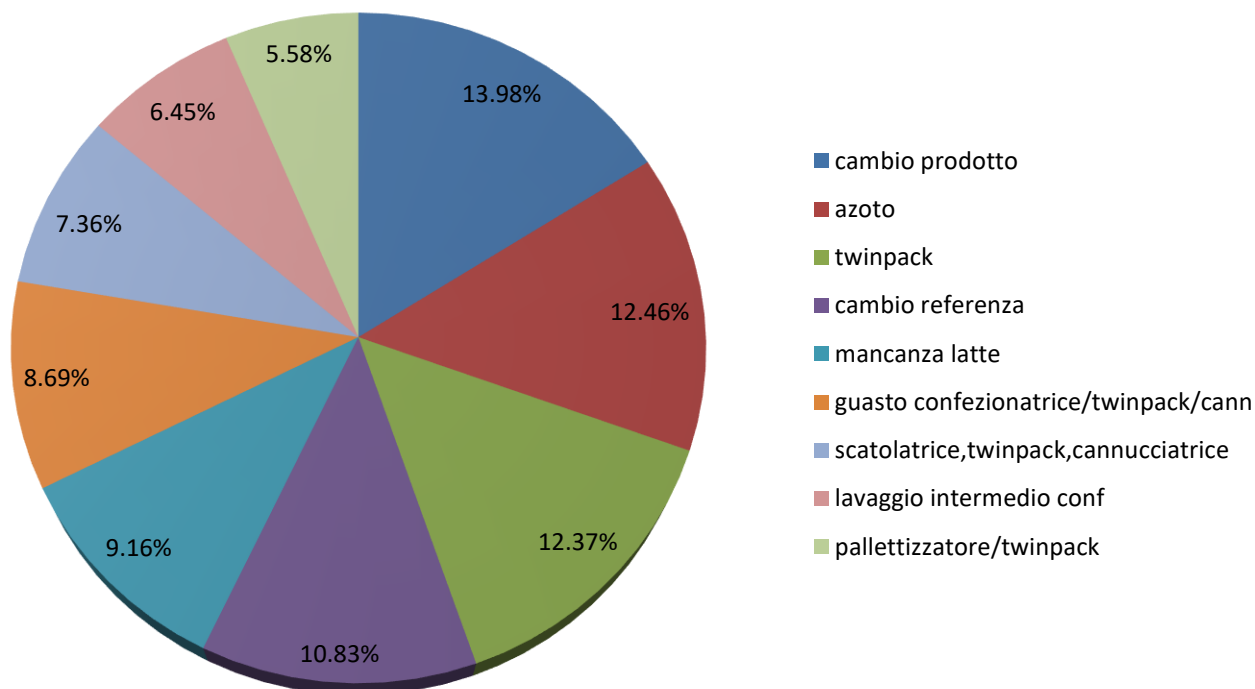


Figura 85 grafico cause inefficienze linea A2 sett ott 2018

Nel grafico di [figura 85] sono riportate le prime 9 cause di fermo linea che costituiscono l'87% dei fermi totali per i mesi di settembre e ottobre 2018.

Ad una prima analisi le principali cause sembrano essere legate ai cambi referenza e alle specifiche fasi di produzione di Nesquik; la raccolta dati è stata migliorata successivamente modificando le causali dei fermi per avere dati più accurati nel mese di dicembre, in ogni caso questa analisi ha portato l'interesse verso le aree nei primi posti della classifica per ridurre i problemi specifici ad essi legati; mentre ridurre i

tempi di cambi prodotto e referenza ha a che fare con la programmazione, sulle cause legate ai guasti dei macchinari è possibile intervenire in modo diretto.

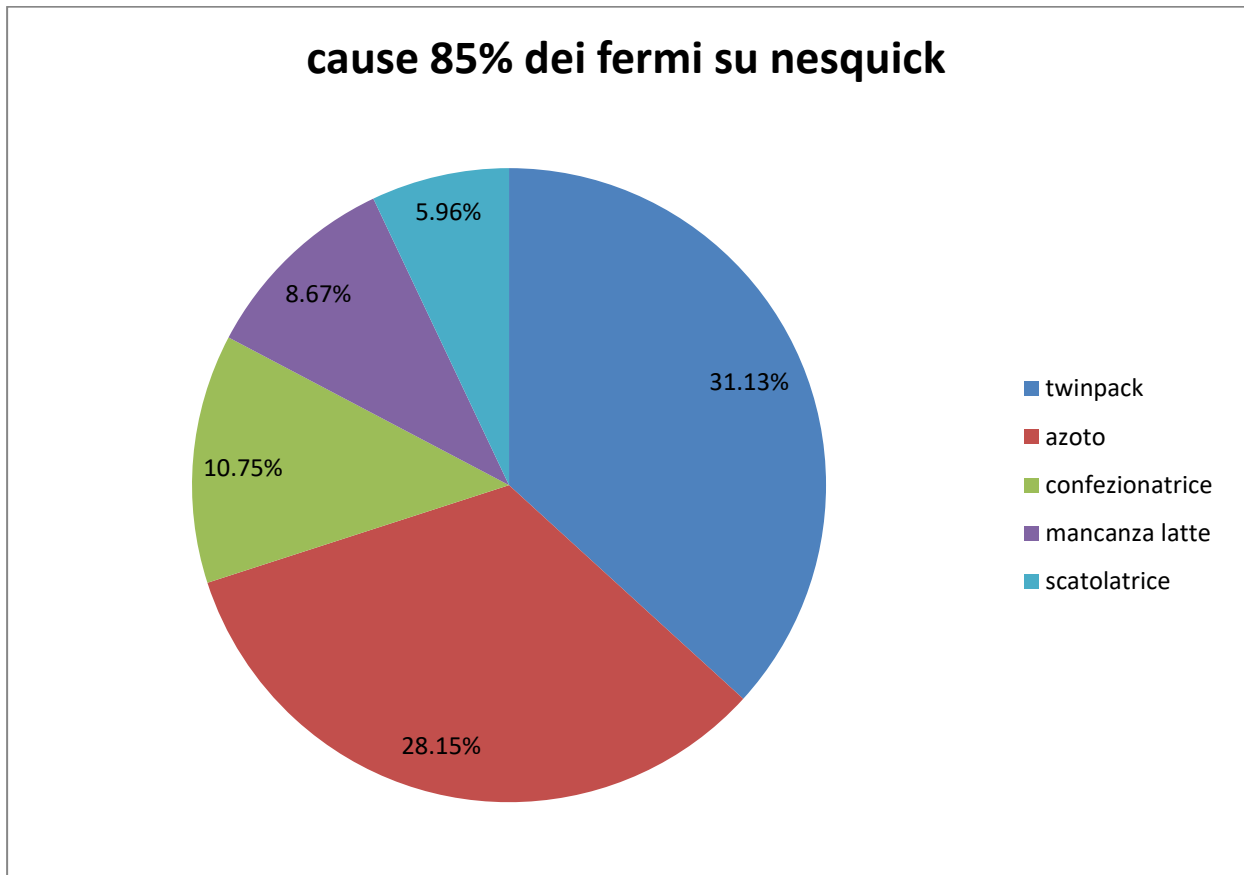


Figura 86 cause fermi per referenza nesquik su linea A2 sett ott 2018

Nel grafico riguardante la singola referenza Nesquik [figura 86] sono classificate le prime 5 cause di fermo nelle giornate di produzione a Nesquik come unica referenza; esse costituiscono l'85% dei fermi totali.

Le principali cause di fermo sono legati all'immissione di azoto alimentare e alla work station Twinpack (che accorpa tre confezioni con il nastro); porre attenzione a queste 2 fasi del confezionamento rende possibile aumentare l'efficienza generale di molto; questo discorso può essere utile anche in fase di simulazione per verificare la possibile accettazione di nuovi ordini di produzione di formati che vanno prodotti sulla linea in questione.

Cause del 94% dei fermi su edge in dicembre 2018

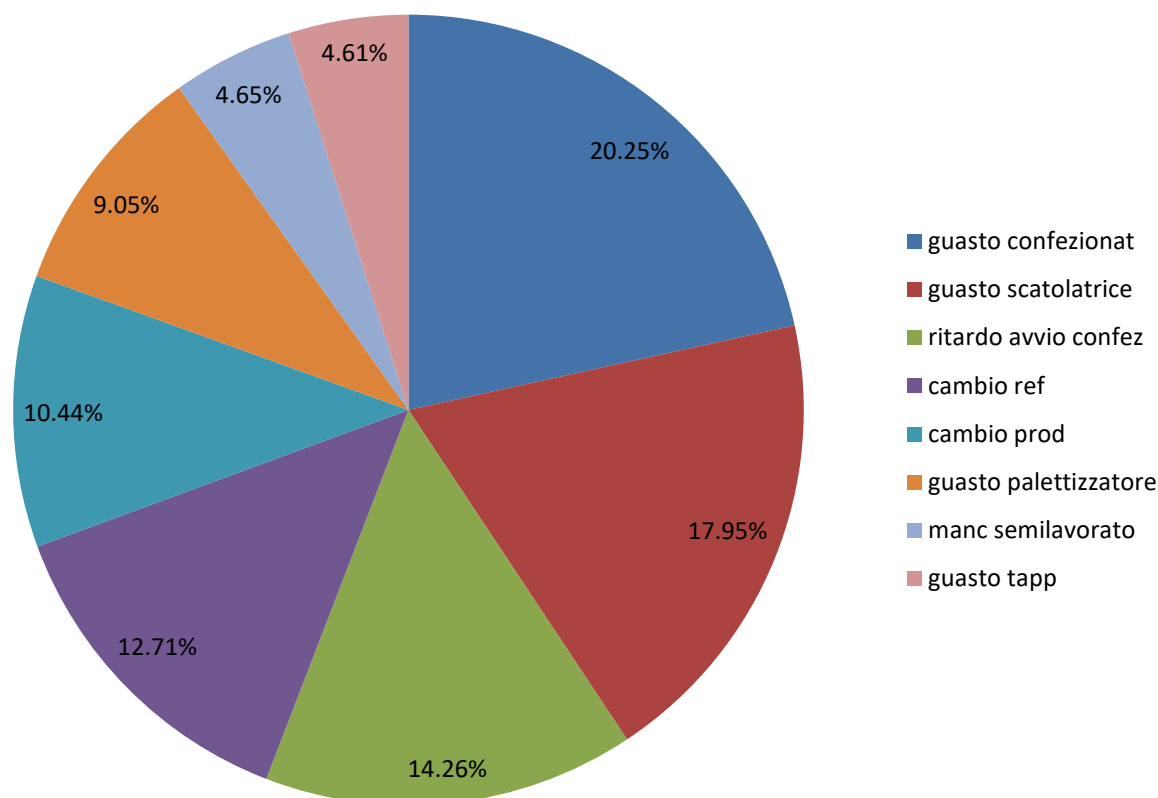


Figura 87 grafico cause fermi su linea A2 con classificazione più precisa dicembre 2018

In questo ultimo grafico [figura 87] sono riportate le prime 8 cause di fermi della linea A2 con il nuovo sistema di classificazione; il mese di riferimento è quello di dicembre e tale metodo è stato implementato anche per i mesi successivi; alcuni problemi dei mesi precedenti sono stati risolti. Le prime 2 cause hanno a che fare con i macchinari (confezionatrice e scatolatrice) e sono da risolvere con manutenzione mentre la terza è un problema di gestione che causa il ritardo dell'inizio del confezionamento; seguono il cambio prodotto e cambio referenza (tempi di setup in gran parte irriducibili se non con una attenta ridefinizione dei cicli di lavoro e della programmazione della produzione). Il guasto del palettizzatore è un altro fermo di tipo meccanico che potrebbe essere risolto dalla manutenzione, la mancanza di semilavorato è un problema che emerge dalla gestione della pastorizzazione (il latte non è pronto quando parte il confezionamento e quindi si ritarda e si è fermi); in ultimo il guasto della tappatrice è un macchinario che viene utilizzato solo in alcuni cicli produttivi (referenze con tappo) per le quali avrà un peso maggiore, è quindi necessario in questi casi fare un'analisi specifica sul ciclo di lavoro.

3.9 Distribuzione dei turni di lavoro

Un'altra area di inefficienza individuata è stata quella della distribuzione del lavoro nelle giornate, che sembra non sposarsi bene con i turni teorici prestabiliti.

Data	Pz Targa Macchina	Ora Inizio TURNO	Ora Inizio Conf Effettivo	Ora Fine Conf Effettivo	Ora Fine TURNO	Totale PZ Prodotti	PZ Conformi	Totale perdite
	9.000	6:00			19:00			
						A1	E	A1-E
03/09/2018	9.000	6:30	7:29	12:15	14:15	29.216	28.104	1.112
04/09/2018	9.000	6:00	7:00	10:20	12:20	28.440	27.864	576
05/09/2018	9.000	6:05	7:09	16:52	18:52	73.157	71.496	1.661
07/09/2018	9.000	6:05	07:06	16:49	18:49	87.337	86.424	913
08/09/2018	9.000	6:05	08:04	12:59	14:59	39.589	38.952	637
10/09/2018	9.000	6:05	07:17	11:11	13:11	32.762	32.112	650
11/09/2018	9.000	6:00	07:14	12:53	14:53	38.952	38.088	864
12/09/2018	9.000	6:00	07:15	17:12	19:12	85.385	84.408	977
13/09/2018	9.000	6:00	06:50	15:35	17:35	71.900	71.136	764
14/09/2018	9.000	6:00	06:55	17:12	19:12	61.216	59.892	1.324
15/09/2018	9.000	6:00	06:52	17:04	19:04	82.512	81.168	1.344
17/09/2018	9.000	7:13	07:55	10:53	12:53	24.013	23.472	541
18/09/2018	9.000	6:10	07:38	14:20	16:20	46.528	45.480	1.048
19/09/2018	9.000	6:05	07:17	17:19	19:19	81.899	80.688	1.211
20/09/2018	9.000	6:05	07:03	16:02	18:02	75.578	74.472	1.106
21/09/2018	9.000	6:20	07:16	21:28	23:28	83.576	81.744	1.832
22/09/2018	9.000	6:10	07:14	17:14	19:14	85.990	84.960	1.030
25/09/2018	9.000	6:00	06:56	16:46	18:46	58.039	57.180	859
26/09/2018	9.000	6:20	07:22	17:14	19:14	85.434	82.240	3.194
27/09/2018	9.000	6:00	06:53	17:16	19:16	70.900	69.504	1.396
28/09/2018	9.000	6:00	06:45	17:09	19:09	89.718	88.536	1.182
29/09/2018	9.000	6:00	06:44	20:43	22:43	79.749	78.049	1.700

Figura 88 tabella turni di lavoro linea A2

Nella tabella di [figura 88] è visibile una porzione di tabelle viste in precedenza ed in particolare sono stati raccolti tutti i dati sull'inizio e la fine effettivi del lavoro.

Dai dati raccolti nei mesi considerati sulle produzioni della linea A2 emerge una grandissima variabilità delle ore di lavoro sulla linea, sarebbe invece possibile organizzare la produzione su turni di lavoro di lunghezza ottimale che massimizzino l'OEE; la distribuzione attuale del carico di lavoro non si presta a sfruttare al meglio turni fissi degli operatori.

Visualizziamolo meglio graficamente:

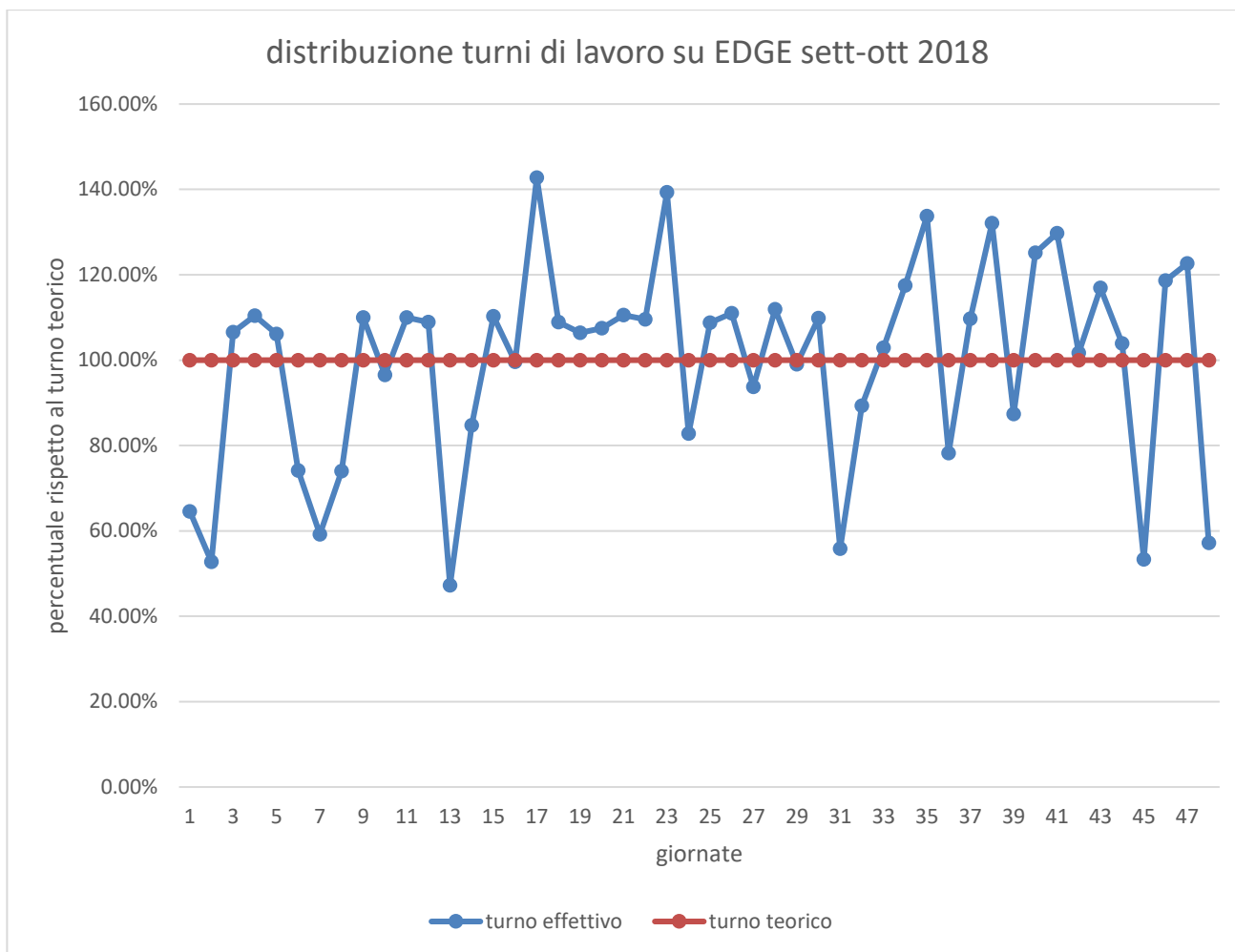


Figura 89 grafico della distribuzione dei turni di lavoro sulla linea A2 settembre ottobre 2018

Nel grafico [figura 89] sono riportati i rapporti fra le ore lavorate effettivamente e le ore del turno di lavoro teorico pagato dall'azienda (linea blu) e l'effettiva capacità di ore uomo messe a disposizione (linea rossa).

I turni teorici sarebbero di 12 ore su 2 persone, la distribuzione del lavoro effettivo unitamente alle inefficienze fanno sì che in alcune giornate si sprechino ore uomo ordinarie che rimangono del tempo inattive ed in altri giorni si spenda per ore uomo straordinarie che avrebbero potuto essere coperte in altro modo. C'è quindi una forte variabilità nel carico di lavoro che genera inefficienze; una causa che si colloca nell'ambito organizzativo.

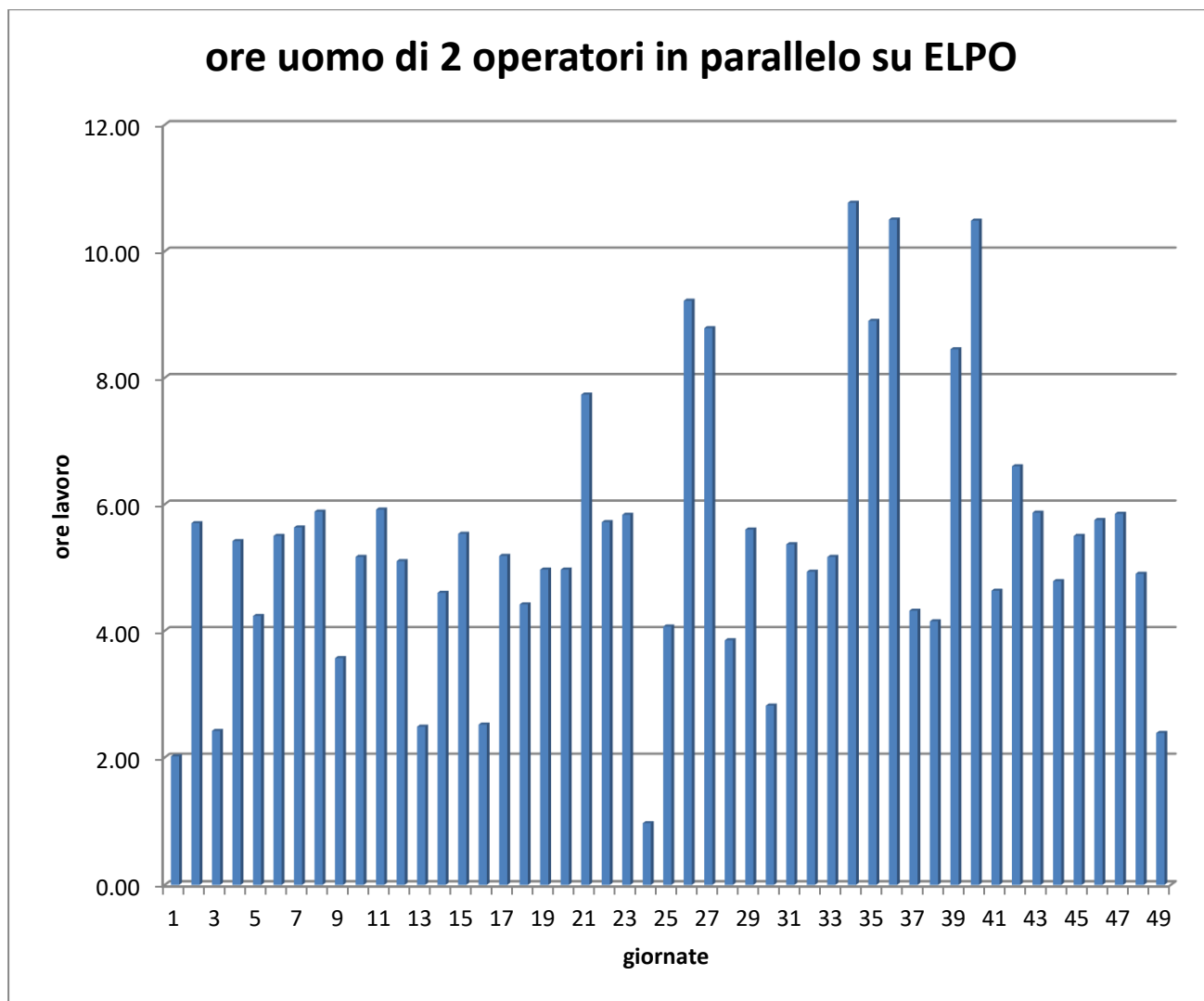


Figura 90 grafico sulla distribuzione delle ore uomo di 2 operatori spese sulla linea ELPO

Nel grafico di [figura 90] sono riportate le ore uomo per operatore di 2 operatori che lavorano in parallelo sul macchinario a supporto manuale (linea ELPO), il tempo riportato è decurtato dei lavaggi finali e preparazione iniziale; questo perché per una valutazione su un eventuale investimento di sostituzione del macchinario era necessario avere questo tipo di informazioni, in modo da capire se il problema è più legato alla mancanza di capacità o ad altre inefficienze (e la risposta è poi stata la seconda) Infatti il Throughput della linea ELPO è assolutamente sufficiente a far fronte alla domanda di sacchi da 5 e 10 litri che l'azienda riceve, una macchina automatica più veloce rimarrebbe per la maggior parte del tempo inattiva.

Le ore uomo effettivamente lavorate sul macchinario non sono distribuite uniformemente, il valore standard nel grafico dovrebbe essere quasi costante su 6 ore lavoro (ovvero 12 ore uomo) al giorno, questa distribuzione genera inefficienza nell'organizzazione della forza lavoro; a questi valori dovrebbero ancora essere aggiunti i tempi di partenza e lavaggio, dove cmq l'operatore deve essere presente, avremo quindi più giornate in cui si eccede la capacità di lavoro disponibile.



Figura 91 grafico di confronto fra i turni di lavoro teorici e reali su ELPO in settembre e ottobre 2018

Nel grafico di [figura 91] è riportata la percentuale di turno utilizzato (blu) sul turno teorico (rosso) per 2 mesi di produzione.

Se consideriamo il tempo totale in cui la ELPO viene seguita da operatori, essa va quasi ogni giorno in straordinario (oppure del personale viene tolto da altre occupazioni per sopperire alle mancanze sulla ELPO). I problemi sono dovuti principalmente alle inefficienze, ma anche alla distribuzione del carico di lavoro, alcuni giorni infatti sarebbe impossibile produrre quanto ordinato nelle 6 ore lavorative (considerando anche i tempi di preparazione, attrezzaggio e lavaggio). In molte giornate inoltre, il turno degli operatori inizia prima dell'effettivo inizio dell'attività; questo si concretizza in straordinari non necessari.

In seguito ad un'ulteriore richiesta aziendale si è andata a valutare la prestazione in termini di TH in giornate dove il turno era gestito da 2 operatori esterni (cooperativa) o da uno interno e uno esterno.

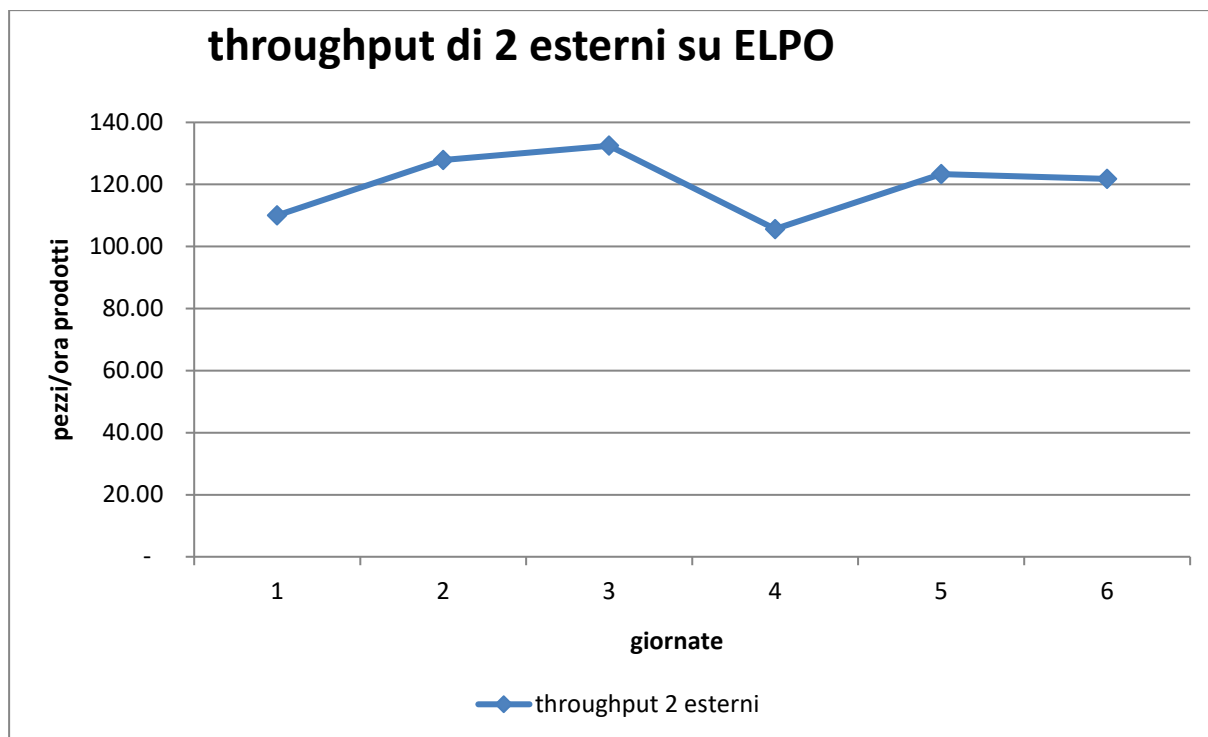


Figura 92 Throughput ELPO 2 operatori esterni

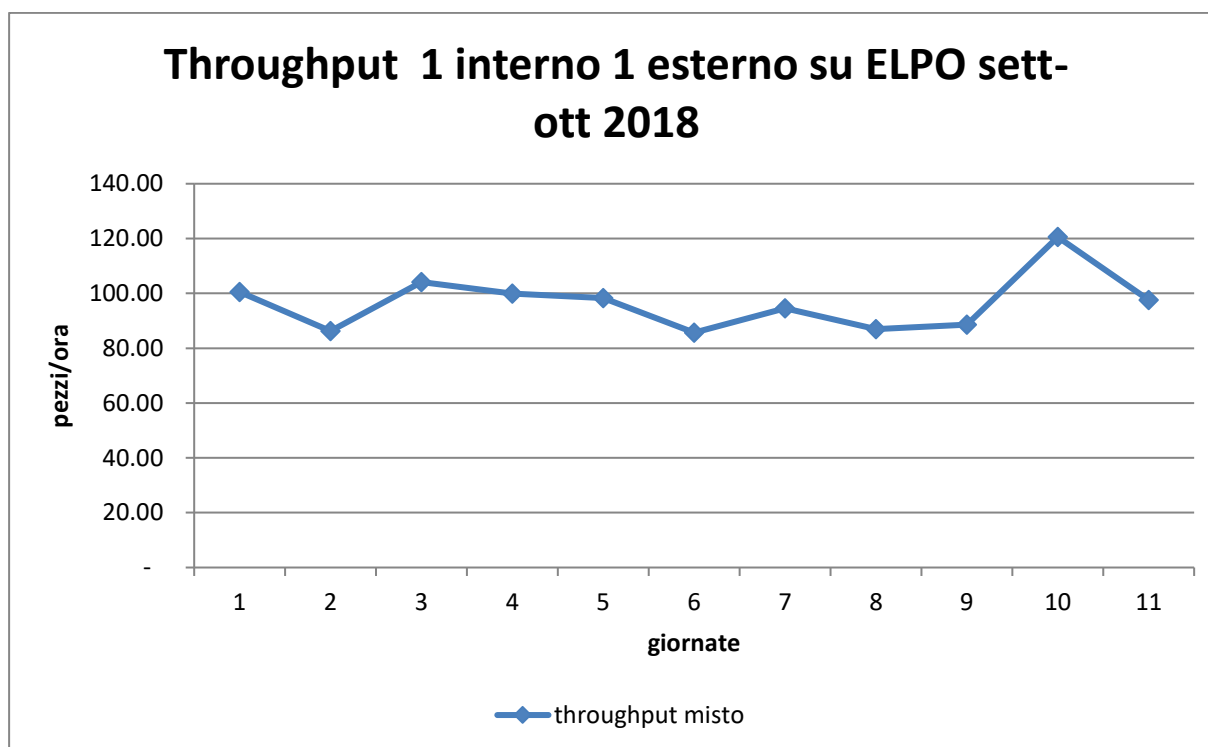


Figura 93 Throughput elpo 1 operatore interno e 1 esterno

Come si evince dai grafici [figure 92 e 93], dove le prestazioni sono riportate per giornate in pezzi/ora, la configurazione con 2 operatori provenienti dalla cooperativa risulta mediamente più performante.

3.10 Ridefinizione dei cicli di lavoro

Al fine di ottimizzare la programmazione della produzione e l'utilizzo della capacità dei macchinari sono stati ridefiniti i cicli di lavoro secondo una classificazione del ciclo meccanico che il prodotto deve subire in fase di confezionamento.

Sono stati divisi i cicli di lavoro secondo i seguenti parametri discriminanti (confezionatrice utilizzata, dimensione pacchetto, presenza del tappo, tipologia di latte).

All'interno dei cicli sono stati creati sottocicli divisi per semilavorato.

Accorpare la produzione per cicli ottimizza l'efficienza riducendo sprechi, tempi di attrezzaggio e lavaggi pre-riempimento della linea.

Come possiamo osservare nella tabella [figura 94], sono state catalogate tutte le referenze dello stabilimento attualmente ancora in uso.

La prima colonna indica il codice del ciclo di lavoro, la seconda e la terza il codice del confezionamento ed il nome che contraddistingue la linea di confezionamenti, la quarta colonna indica il formato in termini di capienza volumetrica, la quinta il tipo di chiusura (con tappo, senza tappo, con cannuccia), la successiva la tipologia di semilavorato (latte) confezionato (ESL, UHT, FRESCO); seguono poi 2 colonne con codice e descrizione del semilavorato e le ultime 2 esplicano codice e descrizione del prodotto finito (referenze).

Le colonne dalla 2 alla 6 definiscono il ciclo di lavoro, le colonne 7 e 8 definiscono il sottociclo per semilavorato.

ciclo di lavoro	CONFEZIONATRICE	descrizione	Formato	chiusura	tipologia	codice semilavorato	Descrizione semilavorato	Codice	PRODOTTO FINITO
001	CLT 010	Vetro	0.75	T	F	10000000	Latte Past. P.S. per Fresco	172	172 LATTE FR VETRO P.S. 750 ML
	CLT 010	Vetro	0.75	T	F	10000000	Latte Past. P.S. per Fresco	253	253 LATTE P.S. 750 ML VETRO SPECIAL EDITION
	CLT 010	Vetro	0.75	T	F	10000121	Latte Past. Intero Alta Qualità (3.60%)	30	30 LATTE FR VETRO AQ 750 ML
	CLT 010	Vetro	0.75	T	F	10000121	Latte Past. Intero Alta Qualità (3.60%)	9107	9107 LATTE FR TIG A.Q. 750 ML VETRO
	CLT 010	Vetro	0.75	T	F	10000121	Latte Past. Intero Alta Qualità (3.60%)	254	254 LATTE A.Q. 750 ML VETRO SPECIAL EDITION
101	CLT 011	Sidel	0.5	T	F	10000009	Latte Past. P.S. A.D.	490	490 LATTE ESL PS A.D. PET 500 ML
	CLT 011	Sidel	0.5	T	F	10000009	Latte Past. P.S. A.D.	3493	3493 LESL PS ALTADIG PET 500 ml CLV
	CLT 011	Sidel	0.5	T	F	10000009	Latte Past. P.S. A.D.	9156	9156 LATTE TIGULLIO PS ESL PET 500 ML NO LAT
	CLT 011	Sidel	0.5	T	F	10000010	Latte ESL P.S. (1.5%)	9155	9155 LATTE TIGULLIO P.S. ESL PET 500 ml
	CLT 011	Sidel	0.5	T	F	10000010	Latte ESL P.S. (1.5%)	489	489 Latte ESL PS PET 500 ml
	CLT 011	Sidel	0.5	T	F	10000010	Latte ESL P.S. (1.5%)	3484	3484 LESL PARZ SCR PET 500 ml CLV
	CLT 011	Sidel	0.5	T	F	10000120	Latte ESL Intero	9154	9154 LATTE TIGULLIO INTERO ESL PET 500 ml
	CLT 011	Sidel	0.5	T	F	10000120	Latte ESL Intero	488	488 Latte ESL INT PET 500 ml
	CLT 011	Sidel	0.5	T	F	10000120	Latte ESL Intero	3483	3483 LESL INTERO PET 500 ml CLV
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000009	Latte Past. P.S. A.D.	333	333 LATTE ESL A.D. 1LT
102	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000009	Latte Past. P.S. A.D.	475	475 Latte ESL AD PET CDL Alessandria e Asti
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000009	Latte Past. P.S. A.D.	3490	3490 LESL PS ALTADIG PET 1L CLV
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000009	Latte Past. P.S. A.D.	329	329 Latte ESL PS AD PET MIGNOSS
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000010	Latte ESL P.S. (1.5%)	454	454 LATTE ESL P.S. 1LT
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000010	Latte ESL P.S. (1.5%)	3489	3489 LESL PARZ SCR PET 1L CLV
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000010	Latte ESL P.S. (1.5%)	9150	9150 LATTE TIG. ESL P.S. AD 1LT
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000010	Latte ESL P.S. (1.5%)	9152	9152 LATTE ESL P.S. 1LT CLR
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000010	Latte ESL P.S. (1.5%)	189	189 Latte ESL PS PET LATTE BUSCHE
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000120	Latte ESL Intero	455	455 LATTE ESL INTERO 1LT
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000120	Latte ESL Intero	3488	3488 LESL INTERO PET 1L CLV
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000120	Latte ESL Intero	9151	9151 LATTE ESL INTERO 1LT CLR
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000120	Latte ESL Intero	188	188 Latte ESL INT PET LATTE BUSCHE
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000170	Latte Intero ESL BIO	347	347 LATTE ESL BIO INT PET ALDI 1LT
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000170	Latte Intero ESL BIO	458	458 LATTE ESL INTERO BIO CLT 1LT
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000170	Latte Intero ESL BIO	3495	3495 LESL INTERO BIO PET 1L CLV
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000170	Latte Intero ESL BIO	9153	9153 LATTE ESL BIO INTERO 1LT CLR
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000170	Latte Intero ESL BIO	326	326 LATTE ESL BIO INT PET MIGNOSS 1LT
103	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000000	Latte Past. P.S. per Fresco	201	201 LATTE FR P.S. PET LT
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000000	Latte Past. P.S. per Fresco	9116	9116 LATTE FR TIG PS PET 1L
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000000	Latte Past. P.S. per Fresco	3036	3036 LATTE FR. ALTA QUOTA P.S. 1LT
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000002	Latte Past. Intero per Fresco	200	200 LATTE FR INT PET LT
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000002	Latte Past. Intero per Fresco	9115	9115 LATTE FR TIG INT PET 1L
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000002	Latte Past. Intero per Fresco	3035	3035 LATTE FR. ALTA QUOTA INTERO 1LT
	CLT 011	Sidel	1	T	F	10000121	Latte Past. Intero Alta Qualità (3.60%)	204	204 LATTE FR A.Q. PET 1LT
401	CLT 017	A4	0.5		U	10000006	Latte UHT Intero (3.5%)	38	38 LAT UHT PIEM INT 500
	CLT 017	A4	0.5		U	10000007	Latte UHT Parz. Scremato (1.5%)	41	41 LAT UHT PIEM P.S. 500
	CLT 017	A4	0.5		U	10000009	Latte Past. P.S. A.D.	230	230 LATTE UHT A.D. P.S. 500ML
	CLT 017	A4	0.5		U	10000009	Latte Past. P.S. A.D.	3286	3286 LUHT PSALTADIG SQ 1/2L CLV
402	CLT 017	A4	1	T	U	10000006	Latte UHT Intero (3.5%)	33	33 LAT UHT PIEM INT LT
	CLT 017	A4	1	T	U	10000006	Latte UHT Intero (3.5%)	417	417 LAT UHT PIEM INT. 1LT OFFERT
	CLT 017	A4	1	T	U	10000006	Latte UHT Intero (3.5%)	365	365 LAT UHT PIEM INT LT Export300
	CLT 017	A4	1	T	U	10000006	Latte UHT Intero (3.5%)	371	371 Latte UHT INT1lt Mukki China Export300
	CLT 017	A4	1	T	U	10000006	Latte UHT Intero (3.5%)	368	368 LATTE UHT INTERO 1L ALTA QUOTA Cina300
	CLT 017	A4	1	T	U	10000006	Latte UHT Intero (3.5%)	9251	LATTE UHT TIGUL. INT. 1L EXPORT300
	CLT 017	A4	1	T	U	10000006	Latte UHT Intero (3.5%)	387	387 PIEMONTE UHT FULL CREAM MILK Export300
	CLT 017	A4	1	T	U	10000007	Latte UHT Parz. Scremato (1.5%)	36	36 LAT UHT PIEM P.S. LT
	CLT 017	A4	1	T	U	10000007	Latte UHT Parz. Scremato (1.5%)	342	342 LAT UHT PIEM PS LT OFFERTA
	CLT 017	A4	1	T	U	10000007	Latte UHT Parz. Scremato (1.5%)	370	LUHT PARZSCR SQ 1L AQT EXPORT300
	CLT 017	A4	1	T	U	10000007	Latte UHT Parz. Scremato (1.5%)	9252	LATTE UHT TIGUL. PS 1L EXPORT300
	CLT 017	A4	1	T	U	10000007	Latte UHT Parz. Scremato (1.5%)	366	366 LAT UHT PIEM P.S. LT Export300
	CLT 017	A4	1	T	U	10000008	Latte UHT scremato	265	LATTE UHT SCR1LT MUKKI EXPORT300
	CLT 017	A4	1	T	U	10000009	Latte Past. P.S. A.D.	9210	LATTE UHT AD TIGUL. P.S. 1LT
	CLT 017	A4	1	T	U	10000009	Latte Past. P.S. A.D.	167	167 LATTE UHT A.D. P.S. LT
	CLT 017	A4	1	T	U	10000009	Latte Past. P.S. A.D.	285	285 Koita Low Fat Lactose Free UHT 1l
	CLT 017	A4	1	T	U	10000173	L. UHT Intero BIO	255	255 LATTE UHT INTERO BIO MONVISO 1LT
	CLT 017	A4	1	T	U	10000173	L. UHT Intero BIO	327	327 LATTE UHT INTERO BIO MIGNOSS 1LT
	CLT 017	A4	1	T	U	10000177	L. UHT P.S. BIO	252	252 LATTE UHT P.S. BIO MONVISO 1LT
	CLT 017	A4	1	T	U	10000177	L. UHT P.S. BIO	328	328 LATTE UHT P.S. BIO MIGNOSS 1LT
	CLT 017	A4	1	T	U	10000180	L. UHT Intero BIO Vit.	176	176 Koita Whole Org. UHT Vit. A&D3 1l
	CLT 017	A4	1	T	U	10000181	L. UHT P.S. BIO Vit.	177	177 Koita Low Fat Org. UHT Vit. A&D3 1l
	CLT 017	A4	1	T	U	10000260	Semilavorato panna 23% carragenina	267	4-PANNA UHT DA CUCINA 1LT CLT 23%
	CLT 017	A4	1	T	U	10000260	Semilavorato panna 23% carragenina	288	288 UHT Liquid Cooking Cream KOITA 1000 ml
	CLT 017	A4	1	T	U	10000325	L. UHT Scremato BIO	284	284 Koita Skimmed Org. UHT 1l
403	CLT 017	A4	1		E	10000011	Semilavorato Panna 38% Carragenina	9501	9501 PANNA TIGULLIO 1000 ML
	CLT 017	A4	1		F	10000011	Semilavorato Panna 38% Carragenina	76	76 3-PANNA ESL 1LT CLT

404	CLT 017	A4	1		U	10000011	Semilavorato Panna 38% Carragenina	226	226 2-PANNA UHT GDO 1 LT CLT
	CLT 017	A4	1		U	10000012	Semilavorato Panna 40%	432	432 1-PANNA UHT PASTICCERIA 1L CLT
	CLT 017	A4	1		U	10000012	Semilavorato Panna 40%	484	484 Panna UHT Monviso 1000 ml
	CLT 017	A4	1		U	10000012	Semilavorato Panna 40%	486	486 Panna Q UHT 1000 ml
501	CLT 018	A5	5	T	U	10000012	Semilavorato Panna 40%	471	471 PANNA UHT STAND UP 5 LT
	CLT 018	A5	5	T	U	10000012	Semilavorato Panna 40%	485	485 PANNA Q UHT 5 LT
	CLT 018	A5	5	T	U	10000012	Semilavorato Panna 40%	482	482 PANNA UHT STAND UP 5 LT MONVISO
502	CLT 018	A5	10	T	E	10000170	Latte Intero ESL BIO	483	483 LATTE ESL INTERO BIO CLT 10 LT
503	CLT 018	A5	10	T	U	10000006	Latte UHT Intero (3.5%)	472	472 LATTE UHT INT BAG IN BOX 10 LT
	CLT 018	A5	10	T	U	10000006	Latte UHT Intero (3.5%)	886	886 LATTE UHT INT BAG IN BOX 10LT Monticello
	CLT 018	A5	10	T	U	10000006	Latte UHT Intero (3.5%)	190	190 LATTE UHT intero 10 LT LATTE BUSCHE
	CLT 018	A5	10	T	U	10000006	Latte UHT Intero (3.5%)	194	194 LATTE UHT intero 10 LT BOVES
	CLT 018	A5	10	T	U	10000006	Latte UHT Intero (3.5%)	443	443 LATTE UHT INT 10 LT (UE) in Cestello
	CLT 018	A5	10	T	U	10000007	Latte UHT Parz. Screamato (1.5%)	491	491 LATTE UHT PS 10 LT
	CLT 018	A5	10	T	U	10000260	Semilavorato panna 23% carragenina	3457	3457 PANNA UHT BIB 10L CLV
	CLT 018	A5	10	T	U	10000267	Semilavorato panna 35%	477	477 PANNA LIQUIDA DA 10 LT
201	CLT 019	A2	0.18	C	U	10000321	Semilavorato panna 38%	492	492 PANNA RICCA (38%)
202	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000336	L. UHT Cacao Nesquik	344	344 LATTE E CACAO UHT NESQUIK 180ML
	CLT 019	A2	0.2	T	E	10000011	Semilavorato Panna 38% Carragenina	54	54 PANNA ESL 200 ML CLT
	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000011	Semilavorato Panna 38% Carragenina	3011	3011 PANNA FRESCA 200 ML CLV
	CLT 019	A2	0.2	T	E	10000011	Semilavorato Panna 38% Carragenina	3207	3207 PANNA FRESCA 200 ML CRAI
203	CLT 019	A2	0.2	T	E	10000011	Semilavorato Panna 38% Carragenina	9503	9503 PANNA esi TIGULLIO 200 ML
	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000006	Latte UHT Intero (3.5%)	372	372 Latte UHT INT200ml Mukki China Export300
	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000006	Latte UHT Intero (3.5%)	373	373 Latte UHT INT200ml Mukki Carol Export300
	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000008	Latte UHT scremato	264	LATTE UHT SCR200ML MUKKI EXPORT300
	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000009	Latte Past. P. S. A. D.	286	286 Koita Low Fat Lactose Free UHT 200 ml
	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000011	Semilavorato Panna 38% Carragenina	228	228 PANNA UHT MONTARE 200 ML CLT
	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000180	L. UHT Intero BIO Vit.	247	247 Koita Whole Ora. UHT Vit. A&D3 200ml
	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000181	L. UHT P. S. BIO Vit.	248	248 Koita Low Fat Ora. UHT Vit. A&D3 200ml
	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000260	Semilavorato panna 23% Carragenina	495	495 Panna UHT cucina Viaqiator Goloso 200ml
	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000260	Semilavorato panna 23% Carragenina	287	287 UHT Liquid Cooking Cream KOITA 200 ml
	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000278	L. UHT Cacao BIO	105	105 LATTE AL CACAO UHT BIO 200 ML MONVISO
	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000279	L. UHT Cacao BIO	244	244 LATTE E CACAO BIO 200 ML CLT
	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000279	L. UHT Cacao BIO	9217	9217 LATTE AL CACAO UHT BIO 200 ML CLR
	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000279	L. UHT Cacao BIO	3282	3282 LATTE AL CACAO UHT BIO 200 ML CLV
	CLT 019	A2	0.2	T	U	10000279	L. UHT Cacao BIO vit.	249	249 Koita Organic Chocolate Vit. A&D3 200 ml
204	CLT 019	A2	0.2		U	10000260	Semilavorato panna 23% Carragenina	227	227 Panna UHT da cucina 200 ml
	CLT 019	A2	0.2		U	10000260	Semilavorato panna 23% Carragenina	3012	3012 PANNA UHT DA CUCINA 200ML CLV
	CLT 019	A2	0.2		U	10000260	Semilavorato panna 23% Carragenina	9508	9508 Panna UHT da cucina 200 ml TIGULLIO
205	CLT 019	A2	0.25	T	U	10000007	Latte UHT Parz. Screamato (1.5%)	223	223 LATTE UHT PIEM P. S. 250 ML
	CLT 019	A2	0.25	T	U	10000007	Latte UHT Parz. Screamato (1.5%)	3013	3013 LATTE UHT PS 250ML CLV
	CLT 019	A2	0.25	T	U	10000007	Latte UHT Parz. Screamato (1.5%)	9218	LATTE TIG UHT PS 250 ML
	CLT 019	A2	0.25	T	U	10000007	Latte UHT Parz. Screamato (1.5%)	367	367 LATTE UHT PIEM P. S. 250 ML Export300
	CLT 019	A2	0.25	T	U	10000009	Latte Past. P. S. A. D.	9219	LATTE TIG UHT PS 250 ML A. D.
	CLT 019	A2	0.25	T	U	10000009	Latte Past. P. S. A. D.	224	224 LATTE UHT A. D. P. S. 250 ML
	CLT 019	A2	0.25	T	U	10000009	Latte Past. P. S. A. D.	3014	3014 LATTE UHT PS AD 250 ML CLV
601	Pastonizzazione		1000		F	10000321	Semilavorato panna 38%	906	PANNA FRESCA PIEMONTE IN TANK
	Pastonizzazione		1000		F	10000267	Semilavorato panna 35%	907	PANNA FRESCA ITALIA IN TANK

Figura 94 tabella di ridefinizione dei cicli di lavoro

Il passo successivo è stato aggiungere il ciclo di lavoro e le referenze prodotte (cerchiati in [figura 95]) alle tabelle di analisi precedenti per poter differenziare per ciclo meccanico e analizzare quale tipo di lavorazione genera più errori.

						A1	E	A1-E	ciclo di lavoro	referenze	ordini produzione	perdite euro	produzione-ordini	p
01/10/2018	9.000	7:25	8:18	15:21	17:21	31.878	31.080	798	203-202	286-3207-3011-9503-54	30372,00	319,20	708,00	
02/10/2018	9.000	6:00	7:00	17:03	19:03	90.369	89.592	777	201	344	83333,00	310,80	6259,00	
03/10/2018	9.000	6:00	7:27	17:19	19:19	86.815	85.872	943	201	344	83333,00	377,20	2539,00	
04/10/2018	9.000	6:10	7:16	15:25	17:25	68.300	66.864	1.436	201	344	83333,00	574,40	-16469,00	
05/10/2018	9.000	6:05	07:07	17:31	19:31	91.136	90.048	1.088	201	344	83333,00	435,20	6715,00	
06/10/2018	9.000	6:05	07:08	15:58	17:58	73.444	72.144	1.300	201	344	83333,00	520,00	-11189,00	
08/10/2018	9.000	6:00	13:22	17:11	19:11	24.441	23.496	945	202	3207-3011-9503-54	18212,00	378,00	5284,00	
09/10/2018	9.000	6:00	07:08	10:42	12:42	24.027	22.848	1.179	204	3012-227	22680,00	471,60	168,00	
12/10/2018	9.000	10:00	13:17	18:43	20:43	43.919	42.912	1.007	205	223	43200,00	402,80	-288,00	
13/10/2018	9.000	6:15	07:45	16:36	18:36	70.531	69.312	1.219	205	223-3013-9218	69100,00	487,60	212,00	
15/10/2018	9.000	6:10	07:40	18:16	20:16	88.437	87.240	1.197	203	373	86400,00	478,80	840,00	
16/10/2018	9.000	6:00	07:08	20:03	22:03	99.963	97.392	2.571	203-202	373-3207-3011-9503-54	102812,00	1028,40	-5420,00	
17/10/2018	9.000	6:10	07:54	13:33	15:33	43.098	42.024	1.074	203	248-3282-9217-244	46060,00	429,60	-4036,00	
18/10/2018	9.000	6:10	07:22	17:20	19:20	83.458	81.120	2.338	201	344	83333,00	935,20	-2213,00	
19/10/2018	9.000	6:00	09:21	19:51	21:51	83.017	80.976	2.041	201	344	83333,00	816,40	-2357,00	
20/10/2018	9.000	6:00	07:10	14:29	16:29	63.227	61.944	1.283	201	344	83333,00	513,20	-21389,00	
22/10/2018	9.000	6:00	08:29	19:01	21:01	18.405	17.880	525	203	247	93600,00	210,00	-75720,00	
23/10/2018	9.000	6:00	07:10	19:34	21:34	91.996	90.408	1.588	203-202	247-228-3207-3011-9503-54	93892,00	635,20	-3484,00	
24/10/2018	9.000	6:00	07:29	16:12	18:12	67.126	65.472	1.654	203	249	72000,00	661,60	-6528,00	
25/10/2018	9.000	6:00	07:19	18:02	20:02	44.824	43.080	1.744	201	344	83333,00	697,60	-40253,00	
26/10/2018	9.000	6:00	07:08	16:28	18:28	83.524	82.728	796	201	344	83333,00	318,40	-605,00	
27/10/2018	9.000	6:00	07:02	10:24	12:24	29.431	28.656	775	201	344	83333,00	310,00	-54677,00	

Figura 95 aggiunta dei cicli di lavoro sulle tabelle di analisi

A questo punto è stato possibile separare i grafici sull'efficienza per ciclo di lavoro, vediamo alcuni esempi:

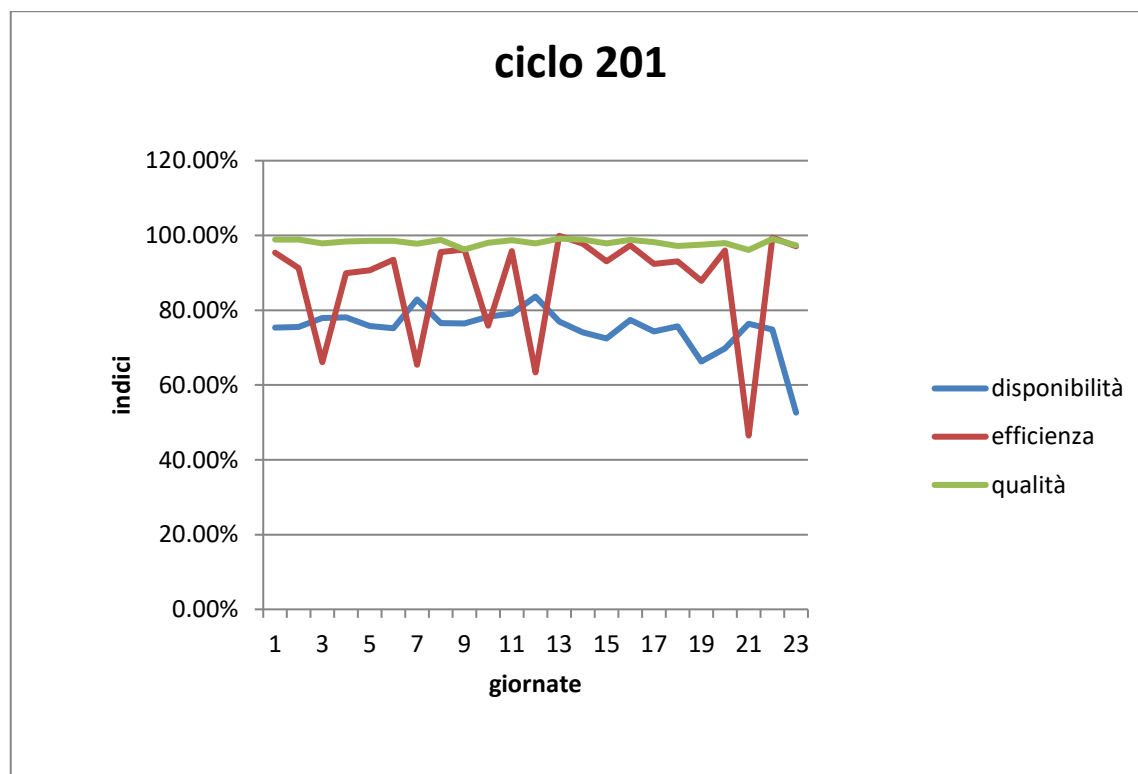


Figura 96 grafico efficienze linea A2 ciclo 201

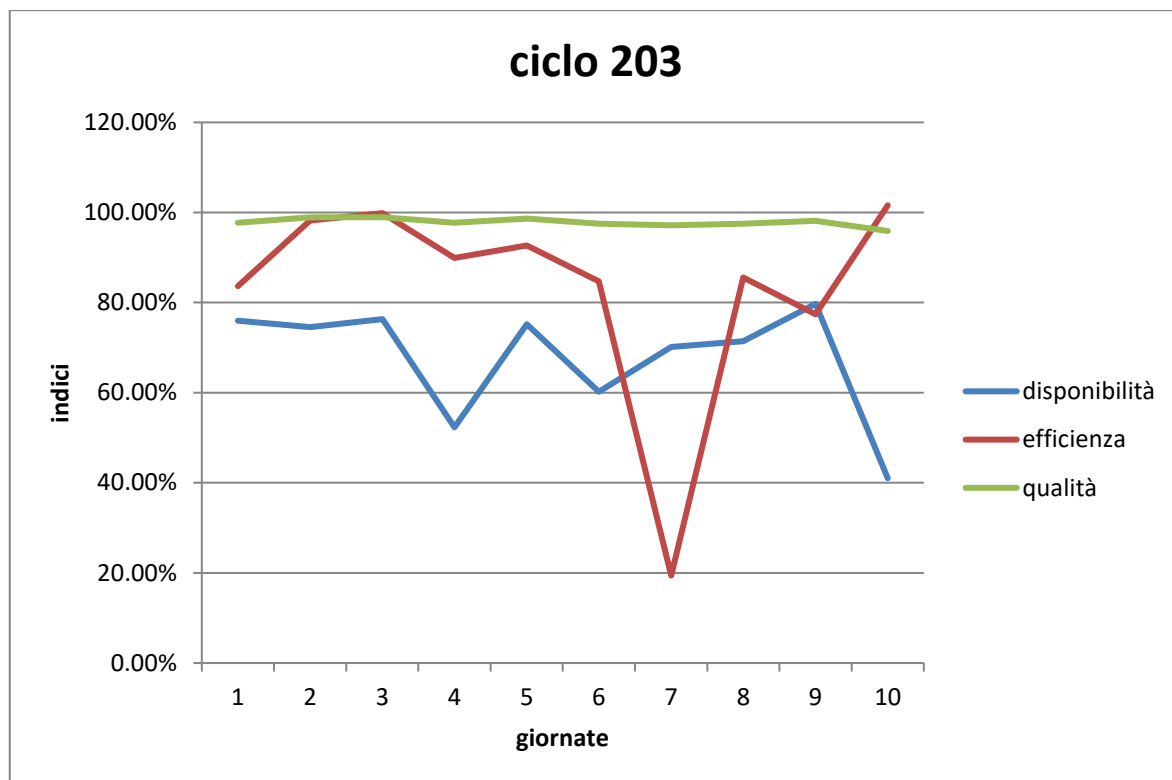


Figura 97 grafico efficienze linea A2 ciclo 203

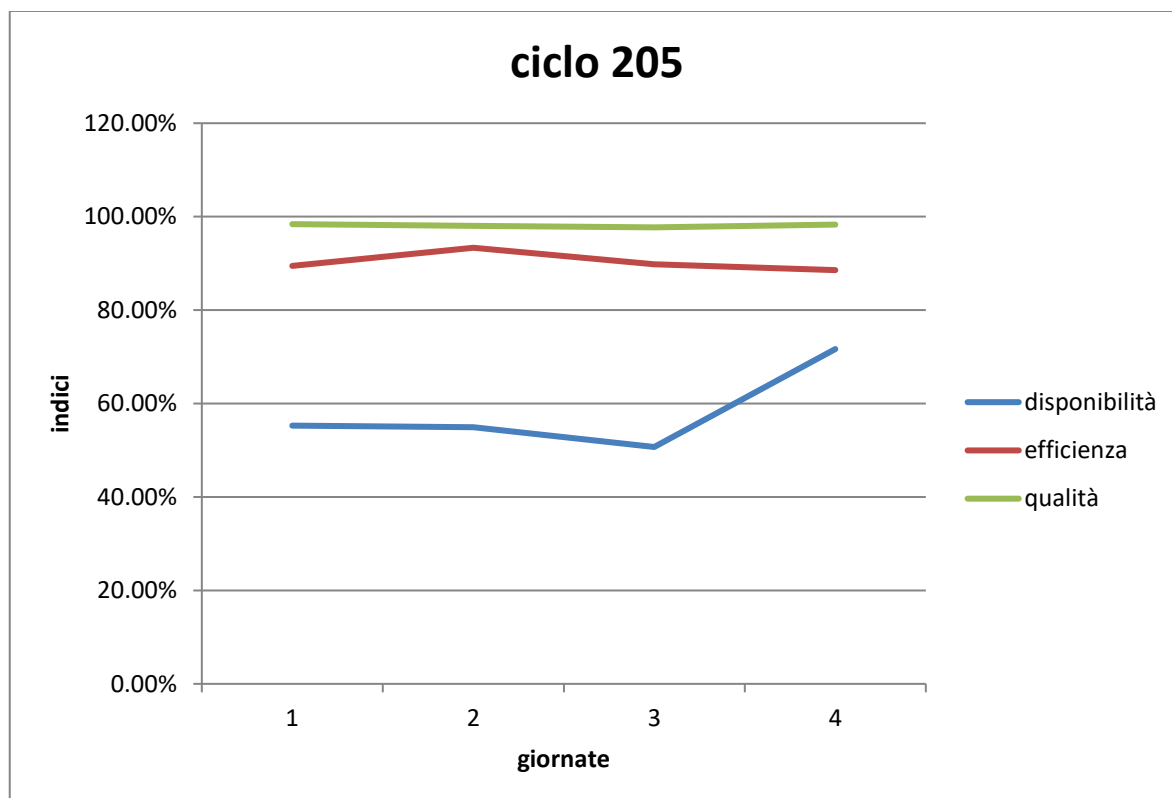


Figura 98 grafico efficienze linea A2 ciclo 201 205

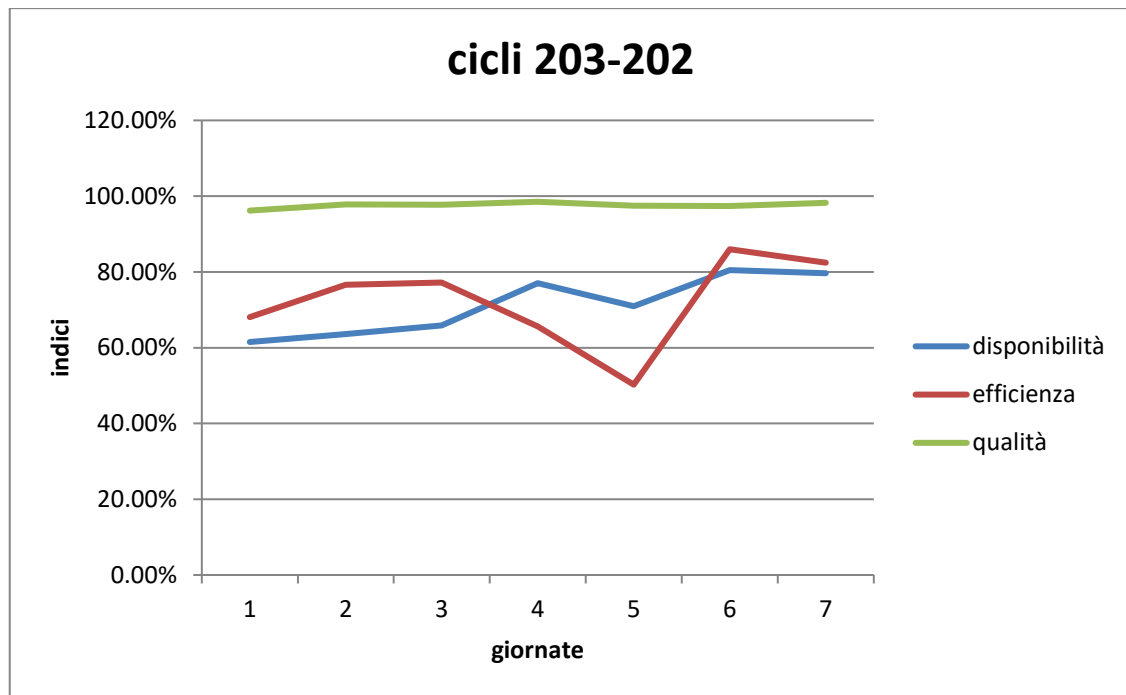


Figura 99 grafico efficienze linea A2 ciclo 203-202

I dati non sono ancora rappresentativi (sarebbe necessario avere i dati di almeno un anno di produzione, obiettivo difficile da raggiungere senza un sistema informativo integrato ed una raccolta automatica dei dati), ma emerge già dalle analisi effettuate come mettere un ciclo in coda all'altro (nel caso specifico il 202 in coda al 203) abbatta il parametro efficienza del processo di produzione.

3.11 Simulazioni sugli aumenti di produzione

Nel mese di dicembre sono arrivati all'azienda un gran numero di ordini dall'estero che sarebbero dovuti ricadere tutti sulla linea A2 a livello di confezionamento, è stato dunque necessario fare delle simulazioni sulla capacità disponibile per decidere come far fronte alla domanda.

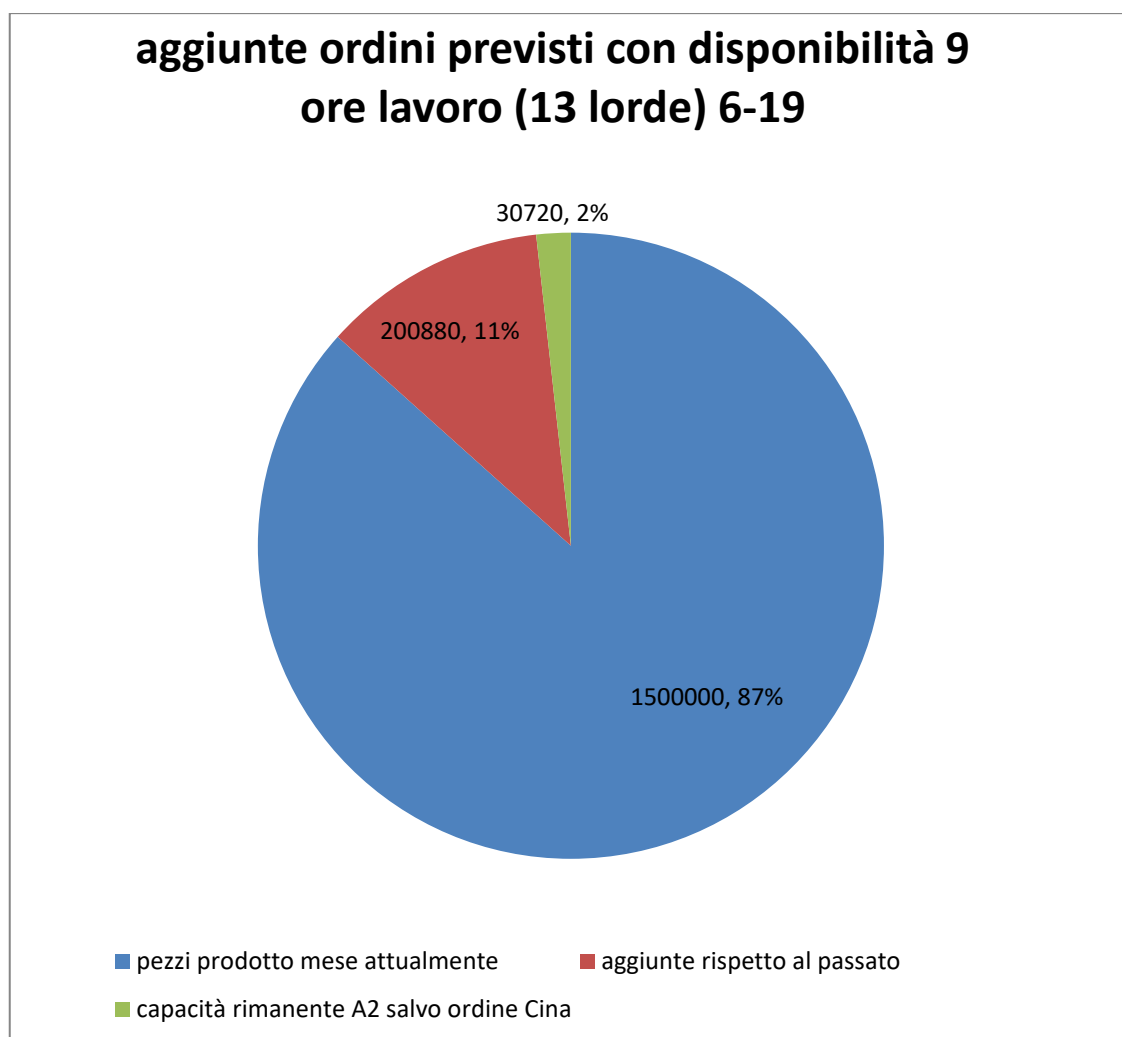
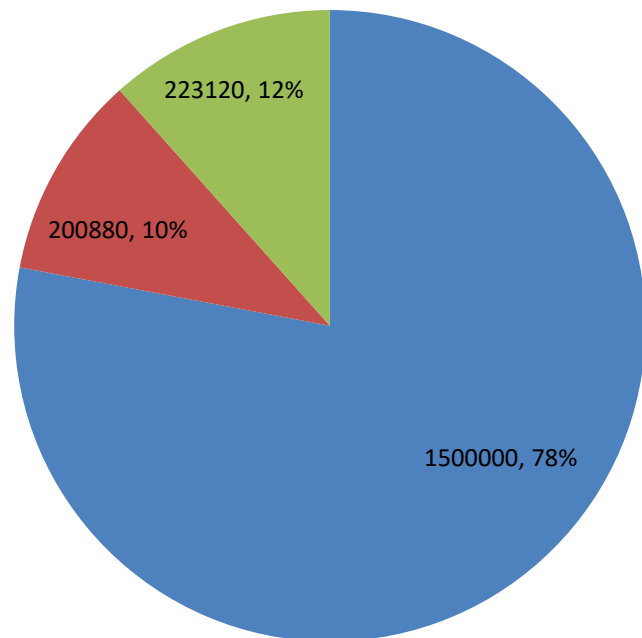


Figura 100 simulazione su ordini previsti con turno di 13 ore lorde

In questo primo grafico [figura 100] si prevede una saturazione quasi totale della capacità della linea già con gli ordini ricevuti, senza contare quelli della Cina che ancora non erano presenti al momento della simulazione. Si suppone di mantenere le ore lavoro gestite su 13 ore giornaliere lorde (contando preparazione e lavaggio); la porzione blu è la parte già occupata dalle produzioni a cadenza regolare, la parte rossa rappresenta la capacità assorbita da nuovi ordini e la parte verde ciò che ancora rimarrebbe disponibile.

Considerando però l'attuale distribuzione dei carichi di lavoro e la variabilità insita nei processi sarebbe una scelta incosciente quella di mantenere tutto come è, senza contare il fatto che aumenterebbero ancora gli ordini considerando anche l'aumento di richieste dalla Cina.

**aggiunte ordini previsti con disponibilità
10 ore lavoro (14 lorde) 6-20**



■ pezzi prodotto mese attualmente ■ aggiunte rispetto al passato
■ capacità rimanente A2

Figura 101 simulazione su ordini previsti con turni di 14 ore lorde

In questo secondo grafico si vede che aumentando il turno totale a 14 ore rimarrebbe un 12% di capacità libera per accettare gli ordini dalla Cina e regolare le inefficienze.

L'altro fatto da considerare però è che l'aumento di richieste dall'estero si prevede possa portare ad un raddoppio della produzione su EDGE A2 nei mesi successivi rispetto alla situazione attuale, vediamo quindi la simulazione che tiene conto di queste previsioni sui prossimi ordini esteri:

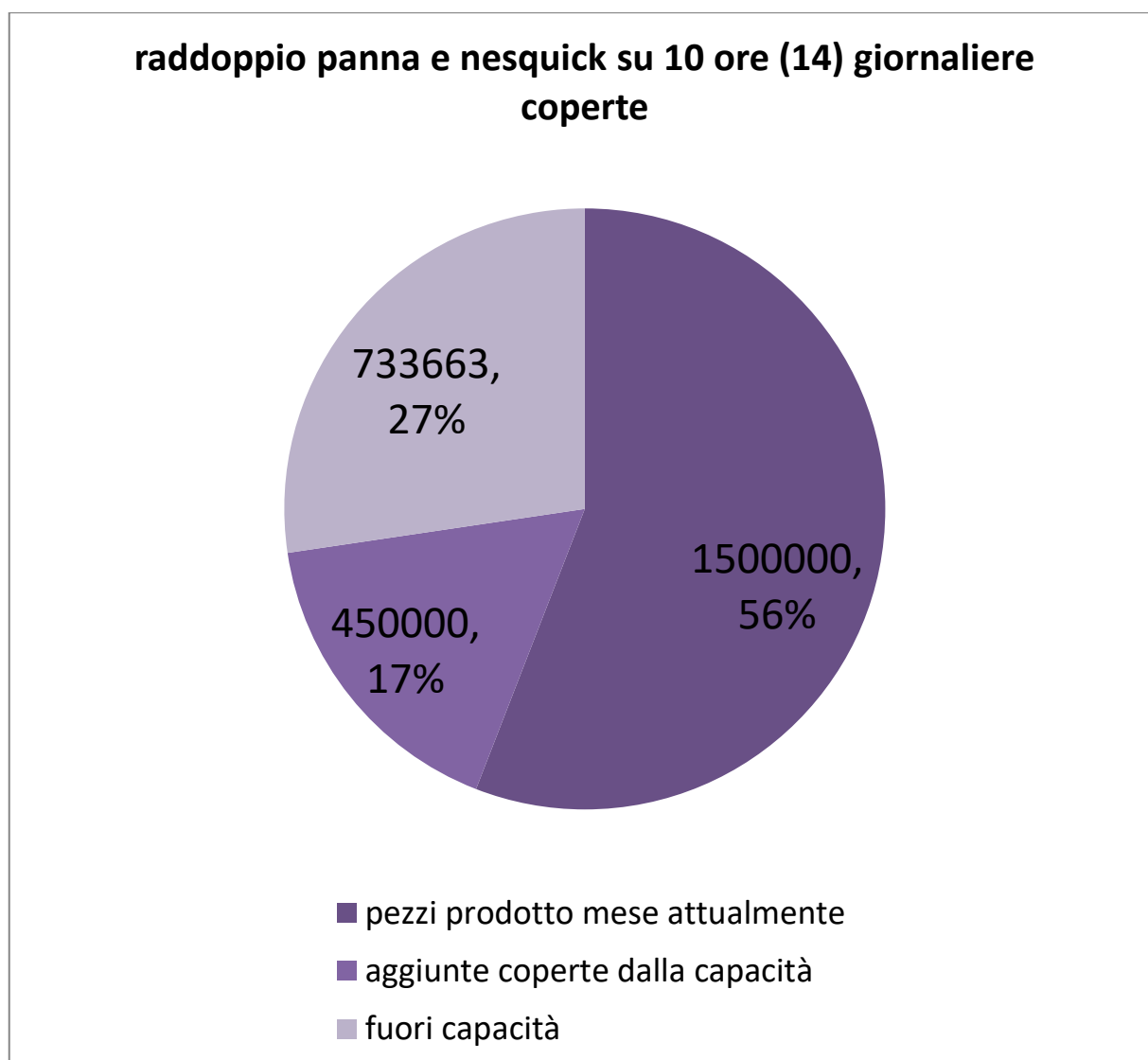


Figura 102 simulazione con turno di lavoro attuale

Nel grafico di [figura 102] si evince che mantenendo le 14 ore giornaliere della simulazione di [figura 101] ma raddoppiando le produzioni di panna e latte (come previsto dall'area commerciale), il 56% del totale della produzione è costituito dagli ordini a cadenza regolare; degli aumenti (44%) ne viene coperto il 17% e un 27% di produzione rimane scoperto per capacità produttiva insufficiente nelle attuali condizioni.

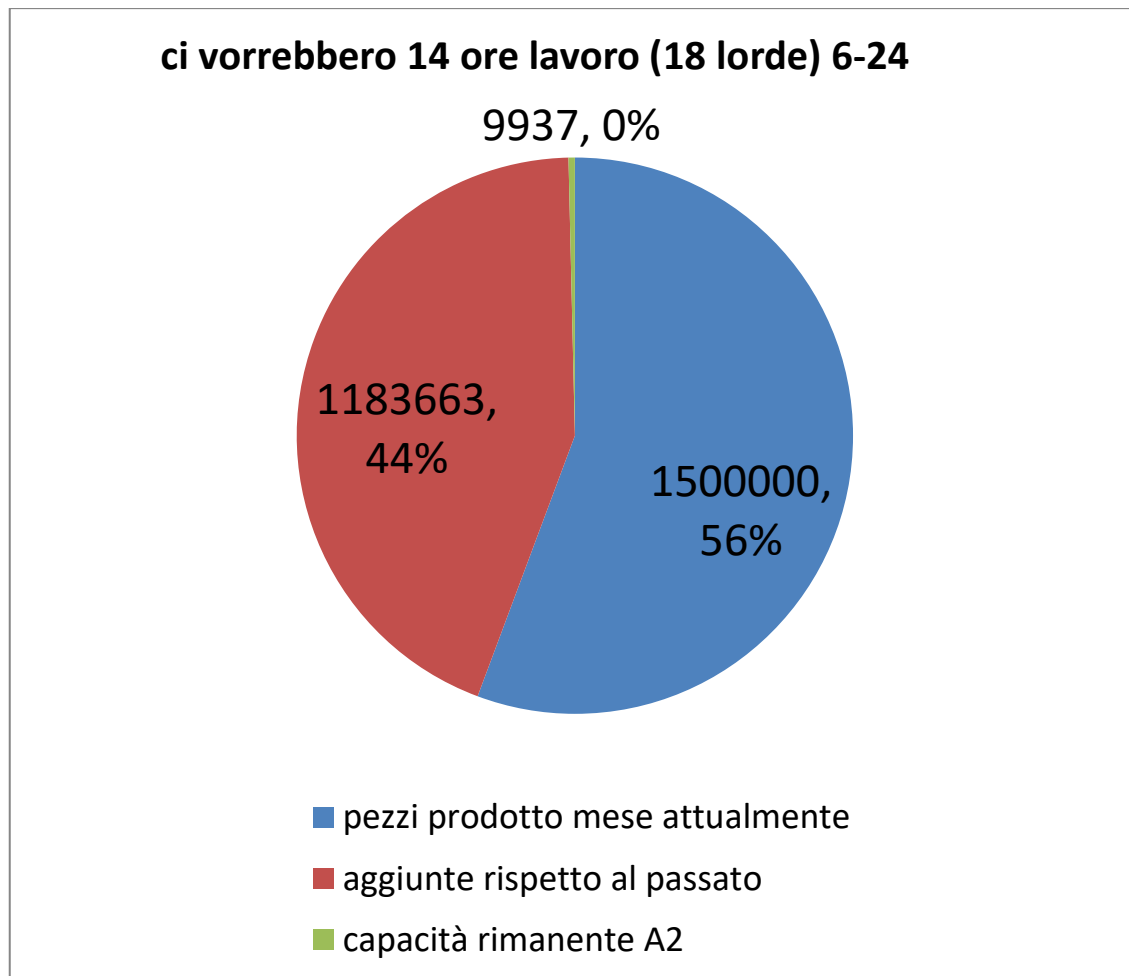


Figura 103 simulazione su turno di lavoro di 18 ore

Nella simulazione di [figura 103] si osserva che per poter far fronte ad un tale aumento della domanda bisognerebbe avere un tempo di lavoro di 18 ore giornaliere strutturate in 3 turni da 6 ore; tutto questo però nelle attuali condizioni; cosa succederebbe se si operasse per aumentare l'efficienza della linea agendo sulle cause individuate nelle analisi precedenti?

risolvere le inefficienze per portare il TH a 8800 pz/h mi porterebbe a risparmiare 2 ore e mezza al giorno di lavoro: simulazione con turno 12 ore (15) con capacità extra rimanente (turno 6-21)

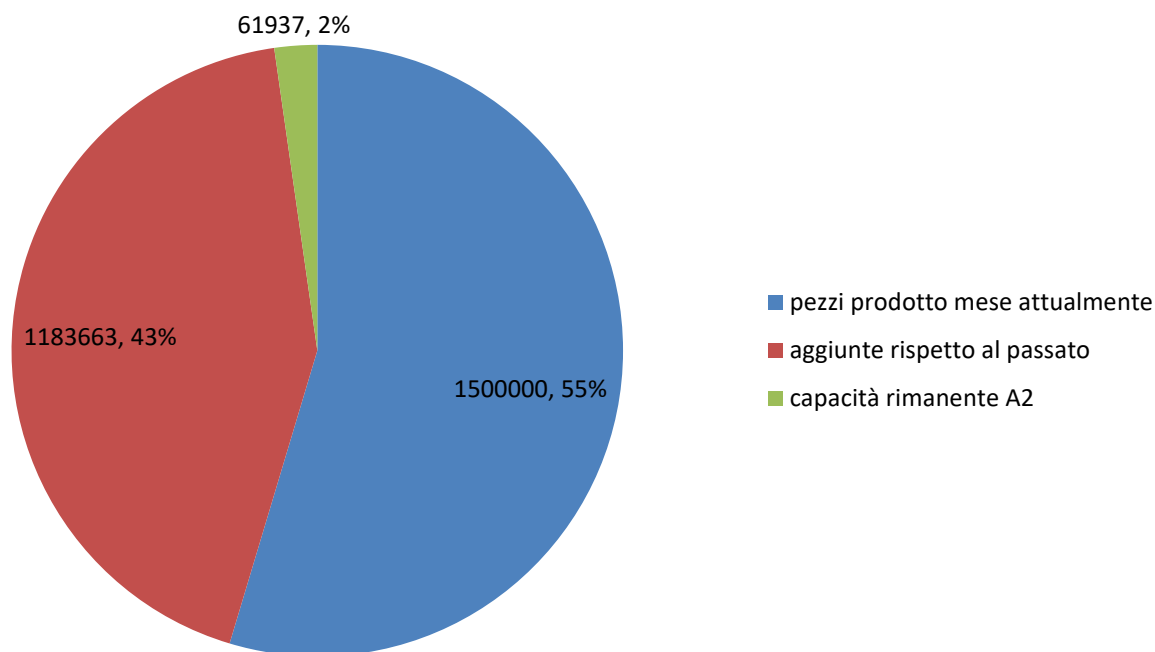


Figura 104 simulazione che tiene conto dei benefici dei possibili aumenti di efficienza

In questo ultimo grafico [figura 104] si vuole porre l'attenzione sul fatto che risolvere molte inefficienze per portare il TH effettivo al valore realistico di 8800 Pz/h consentirebbe di risparmiare 2 ore e mezza al giorno rendendo possibile accettare la produzione mantenendo un turno di 15 ore, conservando anche un 2% di capacità extra rimanente per gestire gli imprevisti.

3.12 MPS-MRP

I problemi rilevati sono stati di gestione dei dati, dovuti a diversi file excel su cui vengono svolti MPS e MRP anziché avere un sistema informativo integrato che raccolga le varie funzioni (SAP); Sap è utilizzato per contabilizzare i magazzini e per l'evasione ordini ma manca la parte di gestione della produzione; aziendaliamente è utilizzato anche il MES NetPRO di cui però non tutti gli operatori hanno padronanza e quindi è utilizzata anche la versione cartacea.

Il secondo problema è di comunicazione fra MPS e MRP, fatta la stima della domanda, gli ordini di produzione vengono mandati alla produzione senza un preliminare RCCP; il gestore della produzione quindi verifica le capacità e sposta le produzioni, a questo punto la previsione che aveva una cadenza settimanale si trova sfasata e cambiano tutti i periodi di copertura e conseguentemente ne nascono errori.

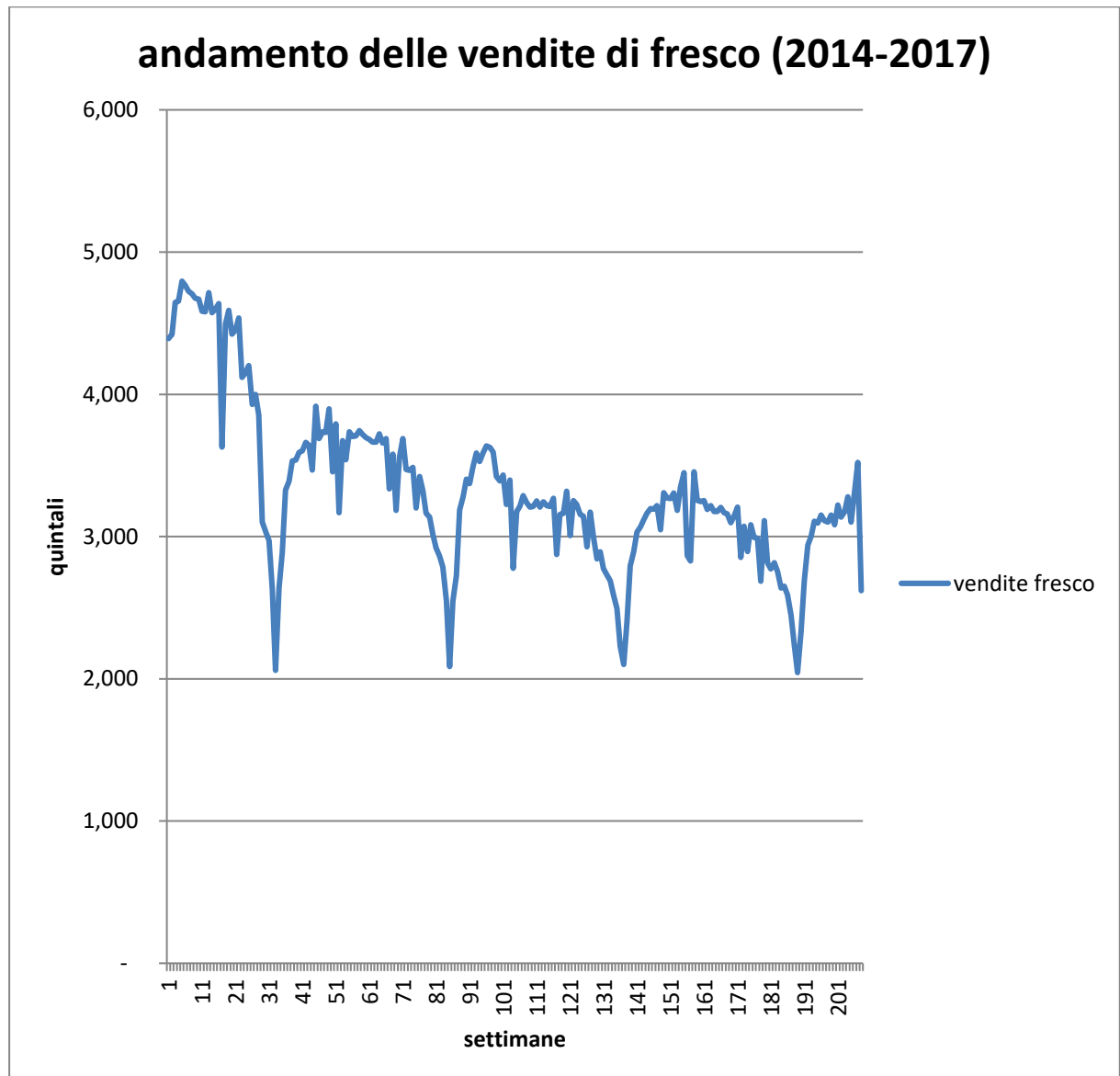


Figura 105 grafico dell'andamento delle vendite di latte fresco 2014-2017

Analizzando le vendite di 4 anni si può notare che la domanda ha una forte stagionalità ed un trend in decrescita per quanto riguarda le vendite del latte fresco; decrescita che si sta appiattendo negli ultimi tempi. La decrescita è stata probabilmente dovuta all'aumento di diete vegane, di prodotti alternativi come il "latte" di soia, riso o avena e alla diagnosi più frequente di intolleranza al latte;

ricordiamo che nel periodo estivo, la decrescita del fresco è bilanciata da una crescita dell'UHT, infatti le persone in vacanza hanno bisogno di latte più facilmente trasportabile e che non necessiti di una catena del freddo.

Sono state svolte valutazione e confronto su algoritmi di previsione della domanda stagionale con trends e metodi di lot sizing. È stato proposto un algoritmo stagionale funzionante con piccoli margini di errore come alternativa alla stima manuale.

Per il futuro: sarà necessario valutare un modo automatico di gestire il RCCP (rough cut capacity planning: ovvero una grossolana pianificazione della capacità per le principali risorse, che viene poi migliorata in fase di MRP) in un momento precedente all'emissione degli ordini di produzione.

Sarebbe possibile anche rendere automatica la previsione della domanda con l'inserimento del fattore «promozione» per quanto riguarda l'UHT, che richiederebbe un'attenta realizzazione.

Anche l'MRP, ora gestito su excel e inviato a magazzino e pastorizzazione come richiesta di materie prime (imballaggi, polveri e latte crudo) dovrebbe tempestivamente essere implementato su SAP; un altro input dato all'azienda è stato sui parametri (es scorte di sicurezza, periodo di riordino...) da utilizzare per l'implementazione stessa.

CAPITOLO 4 – Conclusioni e soluzioni adottate

Durante il percorso svolto presso la Centrale del Latte sono state rilevate diverse inefficienze interne all'azienda a cui sono seguite proposte di soluzione o direzioni di azione:

- Disponibilità delle linee e tempi di produzione altalenanti che generano costi ed inefficienze

Soluzione attuata: ridefinire i turni di lavoro ridistribuendo il carico di lavoro sulle ore uomo nelle diverse giornate, eliminare il più possibile le cause di ritardo dell'avvio confezionatrice.

- Cella di carico sfasata genera calcoli e previsioni errate sulle materie prime compromettendo anche la programmazione della produzione

Soluzione attuata: valutare il baricentro del tank asettico e ritardare la cella di carico, dopodichè, essendo lo sfasamento non lineare a causa di pendenze e oscillazioni, ricalibrare la scala delle misurazioni in modo che sia coerente con l'effettivo contenuto (la verifica è stata possibile con il contalitri).

- Costi e inefficienze generati dalle perdite sulla linea.

Soluzione attuata: Agire nei punti di maggior costo delle perdite e ridurre le cause più grandi di fermi macchina che comportano scarti su confezionamento.

- Sovraproduzione/sottoproduzione rispetto agli ordini di produzione.

Soluzione attuata: con la cella di carico ricalibrata, analizzando puntualmente le perdite è possibile schedare la pastorizzazione e la distribuzione delle materie prime con più precisione; i vincoli di capacità vanno analizzati in fase di MPS prima di emettere ordini di produzione

- Scarto di latte bevibile

Soluzione proposta: Recupero e Riutilizzo per sottoprodotti quali i cibi per animali.

- Difficile reperibilità dei dati/errori di trascrizione dati.

Soluzione proposta: sistema informativo integrato, attualmente risulta impossibile

estrarre tabelle di dati in modo diretto perché su ogni sistema manca una porzione degli stessi, (es. su SAP non ci sono le istanze dei macchinari delle diverse linee).

- Difficile tracciabilità e attribuzione delle inefficienze.

Soluzione attuata: ridefinizione dei cicli di lavoro e analisi sulle linee anche per singole referenze

- Previsioni della domanda fatte senza tenere conto dei vincoli di capacità; scarsa comunicazione tra commerciale e produzione.

Soluzione attuata: modellizzare la situazione per snellire e rendere più fluido il procedimento di programmazione della produzione; usare algoritmi di previsione e effettuare il RCCP in fase di MPS.

- Inefficienza estremamente altalenante su ELPO.

Soluzione attuata: Valutare nuovo investimento su macchinario automatico con maggiore tasso di produzione e possibilità di aumentare la domanda; questo ha portato a rilevare altri problemi di tipo organizzativo che, se risolti, risolverebbero anche il problema iniziale.

Essendo in un'epoca ricca di innovazione tecnologica dove si tende ad esternalizzare a società di consulenza informatica progetti riguardanti i sistemi informativi, tutto evolve in modo molto turbolento e le aziende di tipo alimentare, che a causa di margini più alti e più scarsa competizione internazionale sono rimaste più indietro nell'innovazione tecnologica, hanno bisogno più che mai ora di un supporto di tipo innovativo e informativo a livello dei processi e di gestione risorse. I centri di ricerca e di studio come il Politecnico di Torino e le società di consulenza dovrebbero essere un punto di riferimento per muoversi in questa direzione.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio le professoresse F.Montagna e A.Alfieri per aver supervisionato il mio operato, Edoardo Pozzoli che congiuntamente alla professoressa ha reso possibile questa esperienza e tutto il personale della Centrale del Latte che mi è sempre venuto incontro con disponibilità e competenza.

Ringrazio inoltre i miei genitori Anna e Aldo, mio fratello Stefano e la mia dolce metà, Federica, per essere sempre stati al mio fianco durante l'intero corso di studi.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Factory Physics, 3rd Edition Wallace J. Hope and Mark L. Spearman (supporto teorico)
- <http://centralelatte.torino.it/>
- <https://it.wikipedia.org/wiki/Pastorizzazione>
- Documentazione aziendale