

**ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI  
BOLOGNA**

---

**SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA**

***DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE***

*INGEGNERIA GESTIONALE*

**TESI DI LAUREA**

in

Fondamenti di Ricerca Operativa

**Coca Cola HBC Italia : modello per il calcolo di Inventory  
Stock Target e Production Cycles ottimali**

**CANDIDATO**  
Masini Filippo

**RELATORE:**  
Chiar.mo Prof.  
Andrea Lodi  
**RELATRICE AZIENDALE**  
Ing. Bozzetti Roberta

Anno Accademico 2013/14

Sessione II

# SOMMARIO

Introduzione .....	3
<b>1.0 The Coca-Cola Company .....</b>	<b>5</b>
1.1 Coca-Cola Hellenic Bottling Company .....	6
1.2 Quadro Competitivo Italiano: Settore Bibite .....	12
1.3 Coca Cola HBC Italia: Funzione Operations .....	14
<b>2.0 Approccio unificato all'inventario stock target .....</b>	<b>17</b>
<b>3.0 Inventory stock target simulator tool for DC.....</b>	<b>23</b>
3.1 Calcolo della Forecast Accuracy (FA) .....	24
3.2 Daily demand variability (DDV) .....	30
3.3 Lead time .....	344
3.4 Extra days of inventory.....	355
3.5 Service level .....	355
3.6 Altri dati.....	355
3.7 Calcolo della scorta di sicurezza .....	367
<b>4.0 Inventory stock target simulator tool for PC .....</b>	<b>41</b>
4.1 Individuare la produzione di ogni PC.....	42
4.2 Distribution demand .....	43
4.3 Forecast.....	47
4.4 Shelf life .....	48
4.5 Lead time .....	48
<b>5.0 Production cycles tool.....</b>	<b>511</b>
5.1 Ratei di produzione.....	511
5.2 Lotto minimo di produzione .....	522
5.3 Change Over time .....	533
5.3.1 Prima ipotesi di calcolo .....	588
5.3.2 Seconda e terza ipotesi di calcolo .....	611
5.3.3 Valutazione alternative .....	677
5.4 Approssimazione del tempo C/O.....	69
5.5 Numero operatori per C/O.....	70
5.6 Change over cost .....	733
5.7 Altri dati.....	755
5.8 Annual Holding Cost.....	755
5.9 Calcolo EBQ.....	766
5.10 Production frequency .....	777

5.11	Analisi dei risultati.....	78
<b>6.0</b>	<b>Sensitivity analysis.....</b>	<b>81</b>
	<b>Allegato 1: Classificazione ABC dei prodotti.....</b>	<b>87</b>
	<b>Allegato 2: Sviluppi.....</b>	<b>91</b>
	Numero ottimale di cicli.....	933
	<b>Bibliografia.....</b>	<b>999</b>

## **Introduzione**

La presente dissertazione illustra un progetto realizzato presso Coca Cola HBC Italia. Il lavoro ha lo scopo di ottenere una certificazione interna di eccellenza nell'ambito delle Operations. In particolare, il lavoro è incentrato sul calcolo della scorta di prodotto finito da mantenere all'interno di magazzini e stabilimenti sul suolo italiano.

Il primo capitolo descrive brevemente il brand Coca Cola, focalizzandosi poi sul gruppo Coca Cola Hellenic, e in particolare sulla divisione italiana. Vengono fornite alcune informazioni di carattere generale sul business: prodotti realizzati, stabilimenti e caratteristiche del mercato.

Nel secondo capitolo viene introdotto il progetto argomento di questa tesi. Sono descritte le motivazioni e il contesto che hanno portato allo sviluppo dei tool utilizzati. Vengono inoltre indicate le caratteristiche del progetto, in termini di ampiezza dell'analisi, risultati attesi, tempi e metodologie. La descrizione più specifica delle azioni operative è rimandata alle sezioni successive.

Il terzo capitolo si focalizza sul tool utilizzato per determinare la scorta nei magazzini. Per prima cosa viene evidenziata la logica su cui sono basate le metodologie di calcolo utilizzate. Successivamente si indicano quali sono i dati necessari per portare a termine l'analisi. Per ciascuno di questi dati sono descritte le attività intraprese per la raccolta, la "pulizia" e l'inserimento. Infine si illustrano le modalità con cui i risultati finali sono calcolati sulla base dei dati raccolti. Come per i tool seguenti, l'analisi dei risultati è rimandata a una sezione successiva della dissertazione.

Il quarto capitolo descrive invece il tool per determinare la scorta negli impianti produttivi. La struttura del capitolo ricalca quella del

precedente. Vengono sottolineate in particolare le differenze tra i due strumenti.

Il quinto capitolo si focalizza sul calcolo di un dato particolare: l'intervallo temporale tra due produzioni consecutive di un codice prodotto. Vista la difficoltà insita nell'individuazione del valore richiesto, al procedimento viene dedicato un capitolo a parte. Viene descritto il foglio di calcolo utilizzato, diverso dai tool precedenti. La struttura del capitolo segue i precedenti, con analisi successive dei vari dati e calcolo finale del risultato. L'organizzazione dei paragrafi cerca di rispecchiare il metodo iterativo utilizzato durante il calcolo, costituito da fasi iterative di ipotesi/verifica.

Infine, il sesto capitolo è dedicato all'analisi dei risultati ottenuti. Vengono esaminati i contributi dei vari fattori al risultato finale, attraverso un'analisi di sensitività. L'obiettivo è individuare su quale grandezza conviene effettivamente agire per ottenere un miglioramento consistente a fronte di un costo contenuto.

Il primo allegato descrive un'attività ausiliaria all'analisi svolta. Vengono riportate le modalità con le quali è stata realizzata l'analisi di Pareto sui codici dei prodotti finiti. I risultati sono stati funzionali ad alcune considerazioni svolte in corso d'opera.

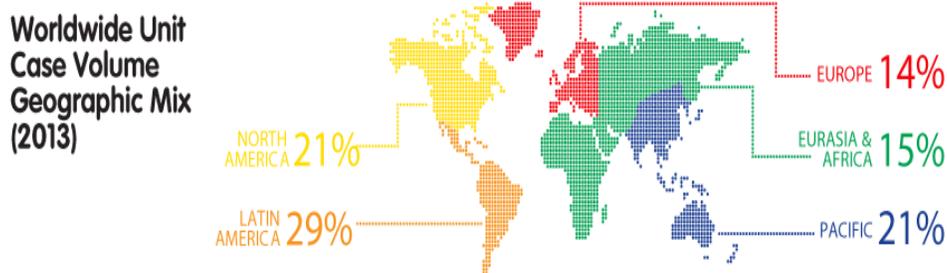
Il secondo allegato propone un intervento migliorativo complementare alle metodologie applicate dai tool. Le azioni proposte hanno l'obiettivo di migliorare il business, applicando nel contesto reale alcuni dei modelli studiati in teoria. L'eventuale applicazione di quanto proposto non viene discussa in questa dissertazione.

## 1.0 The Coca-Cola Company



*The Coca-Cola Company* è la più grande azienda di bevande non alcoliche al mondo<sup>1</sup>, con un portafoglio di circa 500 brands. I prodotti realizzati sono più di 3500. Tra questi, le bevande sparkling rappresentano il 63% delle vendite; i prodotti sparkling low calories costituiscono un aggiuntivo 6%. Acqua e bevande still sono responsabili del rimanente 31% dei volumi.

I prodotti vengono distribuiti in più di 200 paesi in tutto il globo, con volumi che hanno raggiunto il ragguardevole traguardo di 1,9 miliardi di bevande servite nel corso di una giornata.



Per rendere possibile una tale distribuzione globale, la Company si affida ad un network di circa 250 bottling partners. Generalmente, gli imbottiglieri non sono controllati dal gruppo. La Company produce e vende concentrati e sciroppi; è inoltre responsabile delle azioni di marketing legate ai marchi. Gli imbottiglieri si occupano invece di realizzare la bevanda, imbottigiarla e venderla, gestendo la distribuzione

<sup>1</sup> Nel 2014 Eurobrand (azienda che si occupa di brand e patent valuation) ha pubblicato una valutazione economica dei più grandi brand al mondo. Coca Cola si è classificata terza a livello globale; è invece la prima classificata nel settore consumer goods. Il valore stimato del brand è pari a 64.775m€.

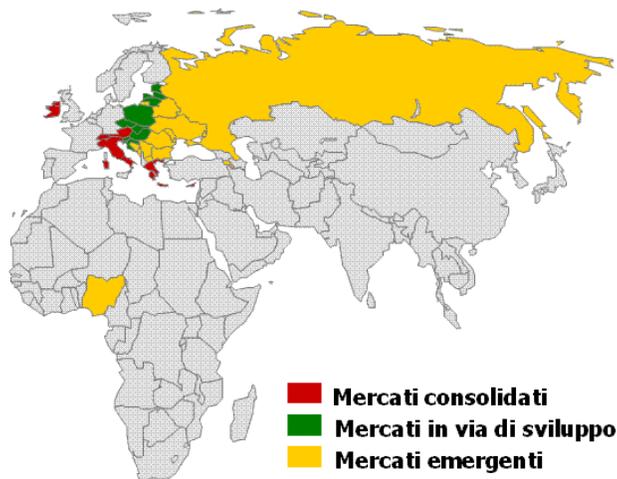
al cliente finale. Il network di aziende così organizzato permette di raggiungere tutto il mondo mantenendo il focus al livello locale. I partner della Company possono infatti lavorare a stretto contatto con la realtà del territorio. Questo permette di realizzare strategie mirate, proposte dagli imbottiglieri e concordate con il gruppo.

Le principali aziende che si occupano dell'imbottigliamento dei prodotti sono chiamate *anchor bottlers*. Tra queste si ricordano:

- *The Coca-Cola Refreshments*, sussidiaria della Company, anchor bottler per il Nord America;
- *Coca-Cola Enterprises*, presente in Belgio, Francia, UK, Lussemburgo, Monaco, Olanda, Norvegia e Svezia;
- *Coca-Cola Amatil*, che si occupa di Australia, Nuova Zelanda, Fiji, Indonesia e Papua Nuova Guinea;
- *Coca-Cola Hellenic Bottling Company*, nella quale si è svolto il lavoro oggetto di questa tesi.

## **1.1 Coca-Cola Hellenic Bottling Company**

*Coca-Cola Hellenic Bottling Company* si occupa di produzione, imbottigliamento e distribuzione di bevande analcoliche. L'azienda è presente in 28 paesi, con un bacino di clienti pari a 585 milioni di persone. Il mercato comprende buona parte dell'Europa orientale e si estende fino alla Russia, per un totale di 68 stabilimenti e 324 tra distribution centres e magazzini.



**Figure 1**  
**Geographic footprint di Coca Cola HBC**

L'azienda nasce in Grecia nel 1969, con il nome *Hellenic Bottling Company S.A.* La nuova impresa ottiene la licenza di imbottigliare il prodotti a marchio *The Coca-Cola Company* nel paese. Il business cresce negli anni successivi, grazie a delle acquisizioni all'estero; nel 2000 l'azienda commercializza i propri prodotti in 11 paesi diversi.

Nel 1998 un'azienda di imbottigliamento concorrente (*Coca-Cola Amatil*) aveva separato le proprie attività, creando lo spin-off *Coca-Cola Beverages Ltd.* dedicato alla sola area europea. Questa azienda gestiva anche le operazioni in Italia (nord e centro), precedentemente di proprietà della *The Coca-Cola Company*. *Coca-Cola Beverages Ltd.* viene acquistata nel 2000 da *HBC S.A.* . Nasce così un'unica compagnia, che viene denominata *Coca-Cola HBC S.A.* ; l'azienda è presente nei mercati di Austria, Svizzera, Croazia, Repubblica Ceca, Ungheria, Polonia, Slovacchia, Slovenia, Bielorussia, Bosnia Erzegovina, Ucraina e Romania, oltre all'Italia. Dal 2012 l'headquarter della compagnia è localizzato a Zurigo e l'azienda è quotata nelle borse di New York, Londra, Sydney e Zurigo. Nel 2013 le vendite ammontano a 2,1 miliardi di casse di prodotto, con un EBITDA di 839m€.



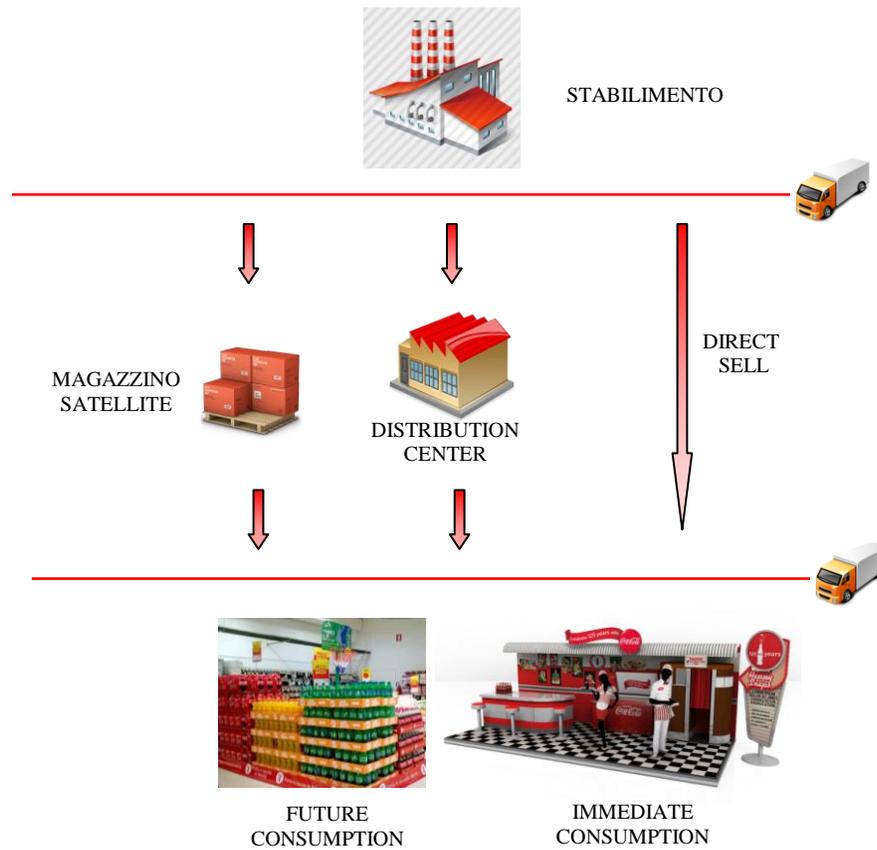
All'interno del gruppo, la divisione italiana *Coca-Cola HBC Italia* è costituita da un network di 10 magazzini (distribution center DC) riforniti da 5 stabilimenti produttivi (production center PC).

Il plant di dimensione maggiore si trova a Nogara (VR). Questo stabilimento venne costruito nel 1974, con un portafoglio prodotti che comprendeva esclusivamente lattine. Solo successivamente vennero realizzate linee per il PET (1995), vetro (1997), fustini Premix (1999) e Bag in Box (2002). *Coca Cola HBC* opera in questo stabilimento a partire dal 1995. Al momento, il plant copre una superficie di 68.000 mq, ai quali vanno aggiunti altri 53.000 mq scoperti. Al suo interno sono impiegati circa 400 dipendenti.



**Figure 2**  
**Plant di Nogara**

I magazzini presenti sul territorio servono una determinata area geografica, mantenendo al proprio interno una scorta di prodotto per far fronte alle fluttuazioni locali della domanda. I plant stessi immagazzinano una certa quantità di prodotto finito, che sarà poi distribuito ai vari DC, oppure al cliente finale, secondo necessità. La scorta dei PC viene suddivisa tra il plant stesso e uno o più magazzini satellite, localizzati nelle vicinanze. I magazzini satellite sono di proprietà di terzisti, ai quali viene pagata una tariffa sulla base dei posti pallet utilizzati.



La gamma di prodotti include le bevande a trademark *The Coca-Cola Company*, per le quali la multinazionale fornisce i concentrati necessari:

- Coca-Cola
- Coca-Cola Light
- Coca-Cola Zero
- Coca-Cola Senza Caffeina
- Fanta (Orange, Icy lemon, Red Emotion)
- Fanta Zero
- Sprite
- Sprite Zero

- Powerade (Citrus, Orange, Blood Orange, Mountain Blast, Mango Green, Active Lemon, Zero Berry Tropical, Zero Red Fruits)
- Kinley Bitter Lemon
- Kinley Tonic Water
- Burn

Sono poi presenti marchi licenziati da altre compagnie:

- Nestea Limone
- Nestea Pesca
- Illy issimo

Il portafoglio di prodotti comprende anche brands locali, come i succhi di frutta Amita. È infine presente il business *water*, nato in seguito all'acquisizione dell'azienda Fonti del Vulture (2006). I due plant localizzati a Rionero in Vulture e Monticchio Bagni si occupano di imbottigliare e distribuire sul territorio nazionale l'acqua minerale con marchio Lilia.

Le varie bevande sono presenti in bottiglie PET, vetro (a rendere oppure a perdere) e lattine (normali o sleek). In aggiunta a questi contenitori tradizionali, esistono anche Fusti Premix e Bag in Box. I fusti hanno una capacità di 18 litri e contengono bevanda pronta al consumo. I Bag in Box sono invece utilizzati per bibite alla spina. Nella bag è presente esclusivamente sciroppo. Questo sarà miscelato con acqua e anidride carbonica al momento del servizio al cliente finale. *Coca Cola Company*, al fine di preservare la qualità del prodotto finito, impone il rispetto di una certa proporzione dei tre ingredienti in fase di mix.

I prodotti sono realizzati in vari formati, che spaziano da 125 cl (per distributori automatici) ai 2 l. Il packaging stesso è molto variabile, a

seconda della destinazione finale. Nel caso di immediate consumption (eg: bar) il prodotto viene consegnato sfuso. Per la future consumption invece (eg: supermercati) esistono vari formati: 6x4, x24, ecc.

## 1.2 Quadro Competitivo Italiano: Settore Bibite

Viene ora analizzato il settore delle bibite analcoliche nel quale *Coca Cola HBC Italia* si inserisce. Sul territorio italiano operano all'incirca un centinaio tra produttori diretti e importatori. Si tratta tuttavia di un business concentrato, nel quale *Coca Cola HBC Italia* si posiziona sul gradino più alto del podio, con circa il 39% dei volumi (che si traducono nel 50% a valore). Le posizioni successive sono occupate da *Sanpellegrino*, *San Benedetto* e *Spumador*. Insieme, queste quattro aziende sono responsabili di circa tre quarti dei volumi totali. Altri competitors degni di menzione sono *Pepsico*, *Ferrero*, *Campari* e *Red Bull*.

- *Sanpellegrino* (parte della multinazionale *Nestlè*) occupa una posizione rilevante soprattutto per quanto riguarda chinotti, tè freddo (*Nestlè*, *Vera* e *Beltè*) e le famose bibite agrumarie. È inoltre presente nel mercato delle bevande energetiche con il marchio *Monster*.
- *Sanbenedetto* distribuisce in concessione in Italia i marchi *Orangina Schweppes*. È inoltre presente nel business water con *Guizza*. Le aree dove la società veneta è più attiva sono: il tè freddo (tra i leader con *San Benedetto Thé*), tisane pronte (*Baby Drink*), sport drink (*Energade*) e bibite gassate, sia a marchio *Schweppes*, sia a marchio *San Benedetto*.
- *Spumador*, dal 2011 sotto il controllo del gruppo *Refresco Gerber*, è oggi il leader europeo nelle produzioni di private label nel settore delle bevande analcoliche e dell'acqua minerale.

Spumador opera sul mercato nazionale anche con propri marchi, tra i quali si ricordano le bibite Spumador e San Carlo.

Relativamente al business delle cole, il diretto competitor di *Coca Cola HBC Italia* è *Pepsico Beverages Italia*. Oltre al secondo posto nelle cole (Pepsi, Pepsi Boom, Pepsi Twist, Pepsi Light), la società si distingue per gli sport drink, nei quale è leader con il marchio Gatorade. Un'ultima società degna di nota è *Red Bull Italia*, che domina nel segmento energy drink e energy drink sugarfree.

In Italia è presente anche *Sibeg*, un imbottigliatore autorizzato Coca Cola separato dall'azienda "principale", che si occupa di imbottigliamento e distribuzione esclusivamente per la Sicilia. La domanda dell'isola è coperta dallo stabilimento di Catania che rifornisce più di 13.000 punti vendita.

Si riportano infine i dati del settore raccolti al termine del 2012:

Quote Mercato Bibite Analcoliche - Italia 2012			
Produttori	PRINCIPALI MARCHE BIBITE	*Mio litres	%
COCA COLA (totale imbottigliatori)	Coca Cola (anche decaffeinata, light e zero), Fanta (anche zero), Sprite (anche zero), Kinley, Nestea, Powerade, Burns, illy issimo	1.450	39
SANPELLEGRINO Gruppo Nestlé	San Pellegrino, Sanbitter, Chinò, Vera, Nestlé, Vera Beithé, Acqua Brillante, Recoaro, Gingerino, Monster,.....	500	14
S. BENEDETTO Fam. Zoppas	San Benedetto, San Benedetto Thé, Baby Drink, Guizza, Schweppes, Energade, ...	430	12
SPUMADOR Gruppo Refresco	Spumador, Donno, Aperi, Dorté, Sorsi, Sancarolo, Sprntgo, ... Private Label per GDO e industria	350	10
PEPSICO ITALIA Gruppo Pepsico	Pepsi, PepsiLight, Pepsi Boom, PepsiTwist, Seven Up, Slam, Lipton Ice Tea, Gatorade, Mountain Dew Energy Drink	300	8
FERRERO ITALIA Gruppo Ferrero	Estathé alla frutta, Estathé verde, Estathé Deteinato	150	4
CAMPARI Gruppo Campari	Crodino, Oransoda, Lemonsoda, Pelmosoda, Mojito, Piñacolada Soda, Softé	90	2
RED BULL ITALIA Gruppo Red Bull	Red Bull (anche senza zucchero)	30	1
Altri produttori Other producers	Cedral Tassoni, Norda, Elisir di Rocchetta, Sant'Anna Santhé, Maniva, Amone, Fava, Tomarchio, F. Paradiso, Bracca, Galvanina, Egeria, Rauch ...	360	10
<b>TOTALE</b>		<b>3.660</b>	<b>100</b>

(\*) Comprese produzioni per conto terzi. -Fonti: Elaborazioni Beverfood.com su dati aziendali e stampa

### 1.3 Coca Cola HBC Italia: Funzione Operations

L'obiettivo della funzione Operations è realizzare efficienti processi della Supply Chain. Questo traguardo viene perseguito tramite pianificazione integrata, produzione di bevande di qualità e immagazzinamento e distribuzione dei prodotti. Lo scopo ultimo è soddisfare i bisogni della funzione commerciale e dei clienti, assicurando un elevato livello di servizio e l'ottimizzazione dell'utilizzo delle risorse. Per raggiungere i propri obiettivi, la funzione Operations si avvale dei seguenti team:

- *Demand & Operation Planning*: traduce i piani commerciali e di marketing in piani produttivi, organizzando successivamente il trasporto; si occupa inoltre di garantire la presenza delle materie prime necessarie.
- *Manufacturing*: realizza la produzione sulle linee;
- *Logistica*: gestisce le scorte di prodotti finiti, la preparazione degli ordini e la distribuzione nei magazzini di stabilimento e depositi regionali;

- *Engineering*: realizza i nuovi investimenti e le infrastrutture a supporto di produzione e logistica, garantendo la massima efficienza;
- *Quality, Safety & Environment*: è impegnata nello sviluppo della cultura di Total Quality per assicurare gli standard di qualità del prodotto, il rispetto dell'ambiente e la sicurezza delle persone che operano nell'azienda.

Nello specifico, il team di Production Planning è localizzato nello stabilimento di Nogara (VR). Da una singola sede centralizzata vengono pianificate le produzioni di prodotto finito su tutti gli stabilimenti. Il team si occupa inoltre di garantire la presenza della materie prime necessarie alla realizzazione della bevanda. Per svolgere i propri compiti, gli operatori del planning si basano su un forecast, che viene fornito dal Demand Planning a livello di singolo magazzino.

L'obiettivo della funzione Planning è il rispetto del livello di scorta minimo in tutti i DC e PC. Gli addetti alla schedulazione della produzione ricevono il forecast, suddiviso per sales area o regione geografica. In particolare, la pianificazione avviene sulla base del rolling forecast delle 13 settimane successive. Di queste 13 settimane, solamente le due successive sono considerate "frozen" dal punto di vista delle previsioni di vendita. La produzione dovrà essere organizzata al fine di rispondere a questa domanda. Al contempo, è necessario accertarsi che la quantità prodotta non determini un livello eccessivo di stock.

Uno dei principali KBI sul quale avviene la valutazione del livello di servizio al cliente è la percentuale di out of stock *OOS* (eg: picchi non previsti della domanda). Al fine di evitare *OOS* può essere predisposta una delivery di prodotto finito tra le locations. I costi logistici aggiuntivi sono sostenuti allo scopo di garantire sempre un alto livello di servizio al cliente.

Le attività del planning sono supportate dal software SAP Wave 2, introdotto a livello di company nel 2010. Il target di stock è inserito in SAP, cosicchè, in fase di scheduling operativo, ogni scostamento eccessivo dal valore ottimale possa essere segnalato. SAP stesso provvede a calcolare anche la scorta attuale: la quantità di stock viene ricavata in automatico, in termini di giorni di copertura. Al momento dell'inserimento di un ordine di produzione (PC) o di uno shipment verso il magazzino (DC), i giorni di copertura vengono aggiornati.

## 2.0 Approccio unificato all'inventary stock target

Le scorte di prodotto finito fungono da ammortizzatori della variabilità endogena ed esogena a cui l'azienda è sottoposta. La variabilità endogena è relativa ad elementi interni all'impresa, che si sviluppano attorno al processo di trasformazione (eg: problemi logistici, fermi linea, ...). La variabilità esogena è invece legata agli elementi esterni, solitamente al di fuori del controllo dell'impresa (eg: variabilità della domanda, manovre dei competitors, ...).

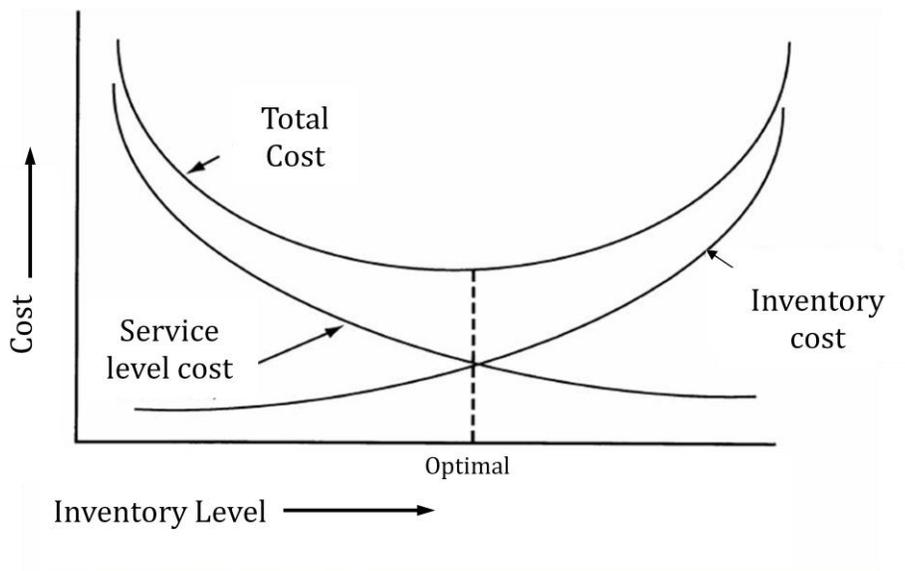
Nelle aziende, il livello di scorta da mantenere negli stabilimenti produttivi e nei magazzini deve essere opportunamente quantificato. Lo stoccaggio di una grande quantità di prodotto permette di controllare la variabilità (sia esogena che endogena), offrendo un alto livello di servizio al cliente. Nonostante la casualità insita nel business, sarebbe sempre possibile soddisfare i clienti nei tempi e nelle quantità convenute, garantendo un alto livello di customer service. Questo consentirebbe di salvaguardare l'immagine dell'impresa ed evitare i mancati ricavi associati agli out of stock.

Tuttavia, un alto livello di scorta comporta anche una serie di svantaggi. Lo stock di materiale rappresenta uno "scudo" che protegge dalla variabilità, ma può nascondere le inefficienze del sistema. Se la quantità di prodotto presente in magazzino è tale da soddisfare la domanda anche nel caso di breakdown della linea, tali problemi a livello produttivo potrebbero venir trascurati. Il principale drawback di un'alta quantità di scorta è però un altro: il rilevante costo per l'azienda. La presenza di prodotto finito in magazzino incide sul bilancio con i seguenti costi:

- Gestione del magazzino, che comprende non solo l'edificio fisico, ma anche gli addetti, le pulizie, l'energia (soprattutto se sono necessarie particolari condizioni di storage)

- Immobilizzazione di capitale. I ricavi saranno infatti ottenuti dopo un certo intervallo temporale, durante il quale i costi di materie prime e lavoro non saranno coperti
- Rischio di obsolescenza, che nel mercato alimentare si traduce nell'avvicinarsi della data di scadenza

È quindi necessario cercare un trade-off tra i parametri di costo e il livello di servizio.



Il focus finanziario non è l'unico aspetto da considerare al fine di determinare la scorta ottimale. L'entità dello stock deve essere infatti correlata alle diverse caratteristiche dell'azienda. Tra le principali si ricordano:

- Caratteristiche del sistema produttivo (numero di stadi produttivi, tecnologia, flessibilità)
- Caratteristiche del prodotto (deteriorabilità, obsolescenza, differenziazione)
- Caratteristiche dei fornitori (distanza, affidabilità)

- Caratteristiche di mercato (variabilità della domanda, distanza dal consumatore, ...)
- Caratteristiche dei sistemi distributivi (performance logistiche, posizione dei magazzini, ...)
- Strumenti di controllo impiegati e loro affidabilità

Ad esempio, un'azienda che ha consistenti tempi di attesa per le materie prime e domanda variabile non può ridurre la scorta, poichè incorrerebbe in frequenti *OOS*.

In *Coca Cola HBC* è stata avvertita la necessità di una gestione integrata e unificata della scorta di prodotto finito. Ciò ha portato allo sviluppo di un apposito strumento di calcolo, oggetto di questa dissertazione. L'insieme di tool analizzati costituisce un modello di riferimento a livello europeo; permetterà inoltre un approccio unificato alla gestione e alla valutazione del planning in stabilimenti e magazzini diversi. Si utilizzerà quindi un procedimento comune per:

- Calcolare la quantità di scorta
- Stabilire il valore della scorta stessa
- Fornire indicazioni sui cicli produttivi ottimali

Una volta raccolti i dati e analizzati i risultati, si avvierà una fase di valutazione e di eventuale modifica del processo. La customizzazione dei tool si rende necessaria a causa delle peculiarità locali. La gestione unificata di realtà diverse implica sempre un certo grado di approssimazione e alcuni degli aspetti secondari vengono tralasciati (eg: calcolo di indici con formule diverse in stabilimenti diversi). L'obiettivo è quello di trovare un trade-off soddisfacente, che permetta di integrare realtà diverse senza perdere significatività ed efficacia. Quando il processo iterativo valutazione-feedback-modifica si concluderà con risultati soddisfacenti, sarà possibile passare alla fase di implementazione.



I tool possono utilizzare i dati storici per valutare la situazione as-is. È anche possibile sfruttare il modello come simulatore di situazioni ipotetiche future. Grazie all'analisi di vari scenari si potrà valutare quali variabili hanno maggiore impatto sul risultato finale ed agire di conseguenza.

Sono stati sviluppati due tool differenti: il primo analizza le peculiarità di un plant produttivo (PC), mentre il secondo si focalizza sulle caratteristiche di un magazzino (DC). Con questi strumenti il livello di scorta viene calcolato in termini di giorni di copertura, per poi essere convertito in numero di pallet e valore economico. Si distinguono tre grandezze:

- Valore minimo, corrispondente alla scorta di sicurezza
- Valore massimo
- Valore medio, calcolato come media dei due valori precedenti.

Solo a seguito dell'analisi dei risultati si valuterà la modalità di utilizzo del valore massimo di scorta. Si potrebbe definire la scorta operativa

come differenza tra scorta massima e minima, mentre il valore medio potrebbe diventare il nuovo punto di riordino.

Per effettuare le analisi richieste, i tool elaborano una serie di dati storici. Data la variabilità della domanda nel corso dell'anno (esiste infatti un marcato fattore di stagionalità), risulta opportuno ripetere l'analisi più volte. È stata quindi impostata una periodicità inferiore all'anno per l'elaborazione svolta da ciascun tool: a intervalli regolari si raccoglieranno nuovamente i dati richiesti. Il calcolo verrà poi "lanciato" per ottenere risultati allineati alle specificità del periodo considerato. In questo lavoro i tool vengono utilizzati per la prima volta. A meno di indicazioni specifiche, l'intervallo temporale considerato nella raccolta dati spazia dall'aprile 2014 al settembre 2014. Nella prima fase del lavoro sono stati utilizzati i dati dei primi 3 mesi. Successivamente, con il procedere del progetto, l'orizzonte è stato esteso a tutti i 6 mesi sopra citati. Sono quindi stati inseriti ed elaborati i dati relativi a 26 settimane.

I tool qui analizzati si inseriscono all'interno di una iniziativa più grande: il progetto Excellence 2020 (E2020). L'obiettivo di questa iniziativa strategica è diffondere le best practises acquisite, per creare un'impresa lean e borderless. In particolare, il cost management rappresenta la base per plasmare una strategia da leader del mercato.



### 3.0 Inventory stock target simulator tool for DC

Il tool relativo ai DC permette di calcolare la scorta da mantenere nei magazzini distribuiti su tutto il paese. Ad influenzare il livello di scorta sono stati individuati i seguenti fattori:

- Forecast accuracy (*FA*): il business è intrinsecamente caratterizzato da un'alta difficoltà nella previsione della domanda (eg: cambiamenti climatici e di temperatura). Si prendono come riferimento i forecast forniti a livello storico e se ne valuta l'accuratezza.
- Daily demand variability (*DDV*): sono presenti picchi giornalieri della domanda che devono essere tenuti in considerazione al fine di evitare *OOS*.
- Lead time: vengono quantificati i tempi necessari allo scheduling e alla logistica.
- Extra days of inventory sales, vale a dire i giorni di stock necessari al magazzino: occorre tenere traccia del periodo che intercorre tra la delivery e la consegna al cliente finale
- Service level: la percentuale della domanda che l'azienda vuole soddisfare.
- Altri dati

Nei paragrafi seguenti verranno riportati i metodi utilizzati per calcolare i dati richiesti. Si indicherà successivamente la modalità con cui il valore ottenuto verrà utilizzato per il calcolo finale.

### 3.1 Calcolo della Forecast Accuracy (FA)

La  $FA\%$  viene ricavata confrontando le actual sales (vendite fatturate) con le forecasted sales (vendite previste). Viene inizialmente calcolato un absolute error  $|e|$ :

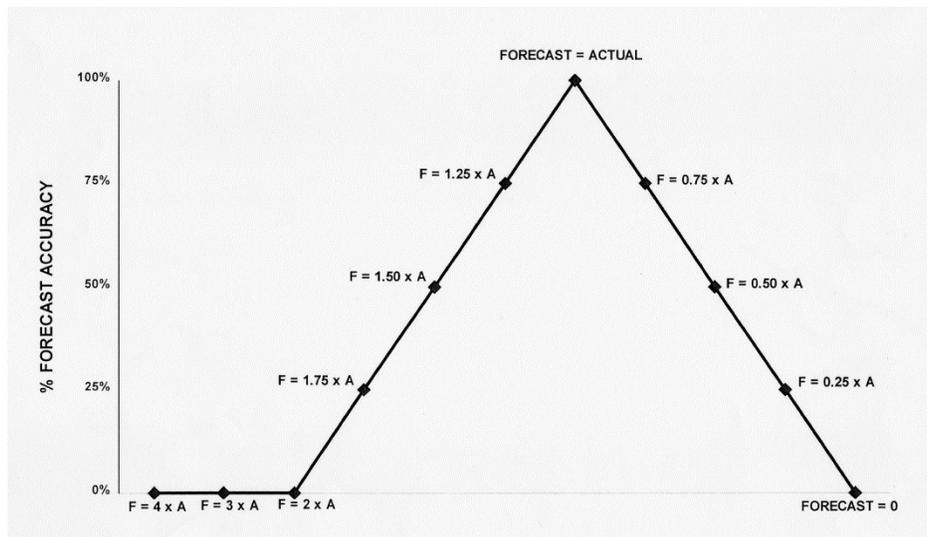
$$|e| = |Actual - Forecast|$$

A questo punto esistono 2 possibilità:

$$|e| \geq |Actual| \rightarrow FA\% = 0\%$$

$$|e| \leq |Actual| \rightarrow FA\% = [1 - (|e| / Actual)] * 100$$

L'andamento dell'indice è rappresentato in figura:



SAP mantiene traccia della  $FA$  settimanale, garantendo il livello di dettaglio del singolo codice e del magazzino. Inizialmente, si è

considerato un orizzonte temporale pari a 3 mesi (13 settimane) e si è effettuata un'estrazione per ciascun DC.

CODE	MATERIAL	WEEK					AVG FA
		WK1	WK 2	WK 3	...	WK 13	
1111	CAN COCA COLA	30%	82,07%	0%	...	19,63%	43,89%
2222	CAN SLEEK FANTA	39,2%	56,69%	44,06%	...	98,66%	66,56%
3333	CAN SLEEK SPRITE	77,93%	51,31%	66,03%	...	40,95%	60,97%

Si è immediatamente notata la presenza di codici che, con causali diverse (eg: phase-out, fine della promozione,...), dovevano essere esclusi dall'analisi. All'interno di SAP questi codici venivano mantenuti, ma le vendite associate erano pari a 0 (oppure a valori minimi nel caso di leftovers). La *FA* calcolata in automatico non era quindi utile ai fini dell'analisi. Il valore era pari ad un fittizio 0% nel caso non fosse stato predisposto un forecast, oppure a un 100% se veniva inserito un forecast pari a 0 (con valori differenti nel caso in cui alcuni leftovers venissero effettivamente venduti). Un'eliminazione automatica non era possibile, poichè queste percentuali si confondevano con quelle "veritiere" date da codici ancora in uso. Si è quindi resa necessaria un'operazione di filtraggio manuale che si è basata su conoscenze ed expertise del planning team.

Il filtraggio è stato eseguito con un metodo ben preciso: anzitutto è stato stilato un elenco di codici out of scope per l'analisi delle scorte (eg: alcuni prodotti specifici per un'area geografica venivano mantenuti solo in alcuni DC ed eliminati negli altri). In seguito sono stati rimossi i prodotti che nel periodo analizzato avevano subito un cambio di codice. Visto l'alto numero di codici e di DC si è ritenuto opportuno utilizzare un metodo semiautomatico.

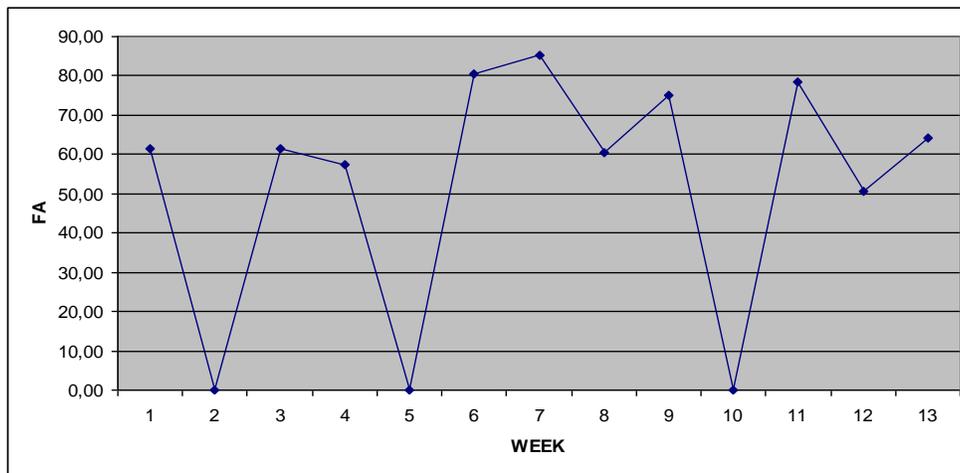
Tra i codici rimasti, sono stati individuati i candidati all'eliminazione. Anche questo lavoro è stato affrontato con una procedura automatica. I suddetti codici sono stati ricercati tra quelli che presentavano vendite nulle (o quasi) nel periodo preso in considerazione. L'assenza di vendite per un tempo tanto esteso poteva indicare il ritiro del prodotto dal portafoglio. In altri casi, il problema poteva essere dettato dalla predisposizione automatica di un forecast al quale non seguivano vendite effettive. Tra tutti i codici evidenziati automaticamente, sono stati individuati manualmente quelli passibili di eliminazione definitiva.

Il tool richiede, per ogni codice, l'inserimento di un singolo valore di *FA*, ottenuto dalla media delle 13 *FA* settimanali. Sono però necessarie alcune considerazioni.

In generale è stato riscontrato un andamento della *FA* irregolare e con forti discontinuità. Inizialmente si è tentato di ricondurre il comportamento della variabile ad una distribuzione di probabilità. Purtroppo la *FA* di ciascun codice doveva essere descritta con una distribuzione differente. L'analisi si rivelava quindi molto difficile, a causa dell'alto numero di codici e della mancanza di strumenti specifici. Inoltre il limitato numero di osservazioni e l'alta variabilità non permettevano di ottenere un buon livello di fitting con le due distribuzioni maggiormente note: normale e uniforme. Si è quindi abbandonato questo approccio, procedendo direttamente all'eliminazione dei dati "troppo variabili".

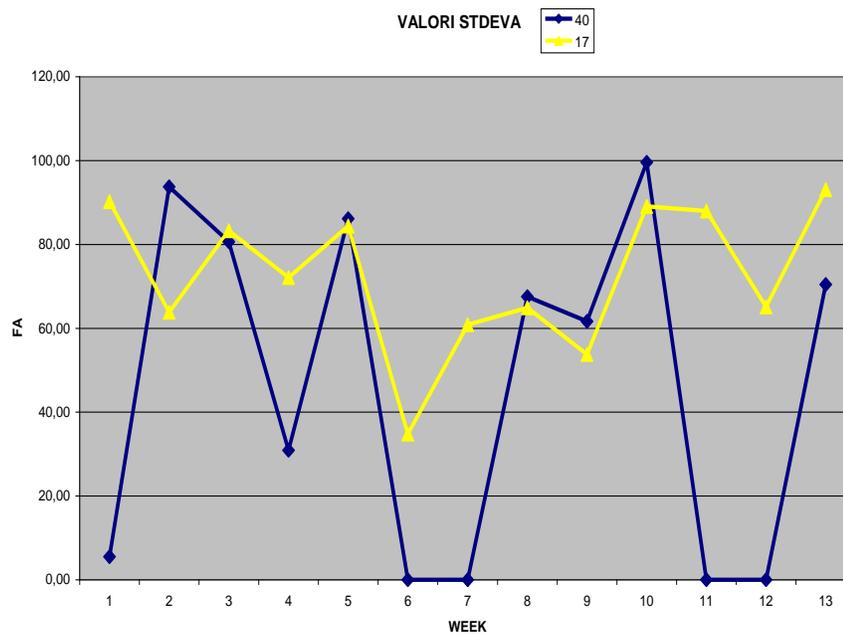
Il nuovo obiettivo era quello di eliminare dalle osservazioni i dati non significativi, per ottenere un valore di *FA* realistico. Allo stesso tempo era necessario accertarsi che la variabilità intrinseca della *FA* si riflettesse effettivamente sul calcolo finale: eliminare sommariamente alcuni valori poteva portare ad un modello irrealistico di una *FA* regolare.

Inizialmente si è preso in considerazione ogni singolo codice. Si è ritenuto opportuno eliminare dal calcolo della media delle FA il valore che più si discostava dalla media stessa. In questo modo si mirava ad escludere gli outliers. L'approccio si è rivelato inefficace. Una porzione considerevole dei codici analizzati presentava infatti un andamento di questo tipo:



Dal punto di vista del calcolo della media era quindi inutile scartare un singolo valore. Il valore eliminato non poteva essere etichettato come outlier, poichè altre osservazioni si trovavano nel suo "vicinato". Si è quindi calcolata la deviazione standard  $\sigma$  del campione. Un valore elevato di  $\sigma$  corrisponde ad una distribuzione "schacciata", per la quale la media calcolata assume poca significatività. In questi casi il codice è stato etichettato come critico: pur calcolando la FA, si è sottolineata la scarsa rappresentatività del valore ottenuto. È possibile utilizzare  $\sigma$  poichè tutte le grandezze da confrontare sono percentuali e presentano una media simile. Una possibile alternativa a  $\sigma$  poteva essere il calcolo del Coefficient of Variation CV, più efficace nel caso in cui i valori da confrontare fossero diversi tra loro.

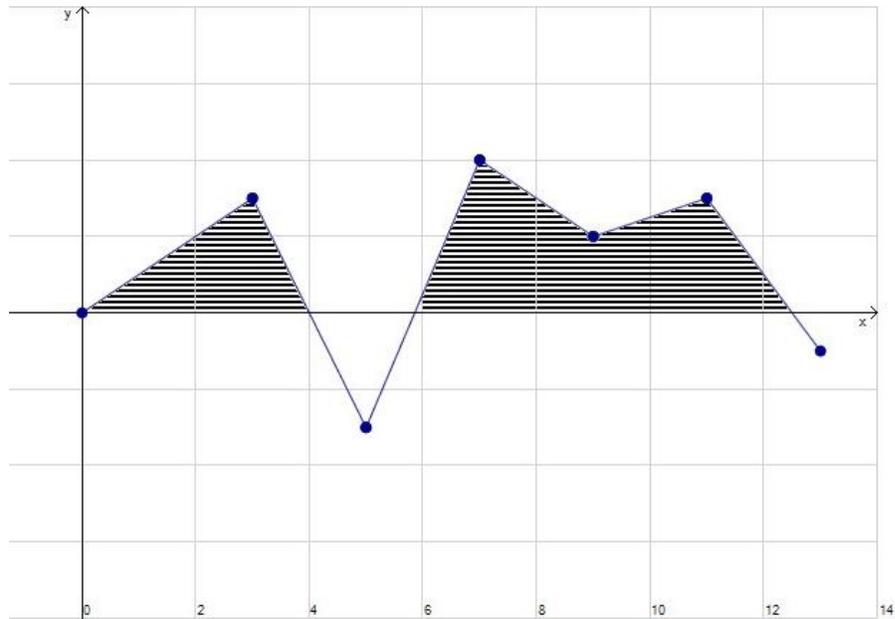
Si puntava ad evidenziare un numero ridotto di codici critici, indicativamente il 2%. Per ottenere questo obiettivo, si è adottato un valore di taglio molto alto ( $\sigma > 41$ ) che permetteva di ottenere il risultato voluto sulla maggior parte dei DC. Sono stati quindi evidenziati solo i codici particolarmente problematici, per i quali il calcolo dei giorni di scorta rischiava di basarsi su un valore di *FA* non rappresentativo dell'andamento reale.



Generalmente i codici con deviazione standard troppo elevata variano a seconda della location. I magazzini servono infatti aree diverse, con domanda e clienti differenti.

In una fase successiva, le modalità di calcolo del valore finale di *FA* sono state riconsiderate. Il metodo sinora applicato risulta appropriato per una valutazione del forecast stesso. Il presente lavoro ha però un focus differente, cioè il calcolo della scorta di sicurezza. È quindi opportuno analizzare non il forecast in sè, ma le caratteristiche che possono

influenzare lo stock e i potenziali *OOS*. Il calcolo della *FA* sarà quindi focalizzato su quei valori errati che possono influire sulla scorta. Partendo da questi presupposti, si può dedurre che ad influenzare la scorta di sicurezza siano esclusivamente gli errori  $e$  maggiori di zero. Nel caso in cui la domanda fosse sovrastimata dal forecast ( $e < 0$ ), lo stock presente sarebbe sufficiente a rispondere alle richieste dei clienti. Si avrebbe quindi una scorta sovrabbondante, che tuttavia potrà essere utilizzata per compensare oscillazioni successive della domanda. L'errore non avrebbe quindi influenza sulla quantità di prodotto finito da mantenere a magazzino.



**Figure 3**

**Andamento dell'errore  $e$ . Solamente gli errori positivi influiscono sulla scorta presente a magazzino.**

Per ciascun codice è stata calcolata la *FA* media considerando solo le occorrenze di  $e > 0$ . Ovviamente, questo comporta l'esclusione dal calcolo di alcuni valori (i.e.  $e < 0$ ). Per compensare questa riduzione del numero di dati, è stato preso in considerazione un orizzonte temporale più esteso, che comprende il periodo 04/2014 – 09/2014. Trattandosi infatti di una fase più avanzata del lavoro, erano disponibili dati relativi anche a mesi più recenti. Il calcolo della *FA* così realizzato non era disponibile automaticamente in SAP. Per questo è stato predisposto un foglio Excel che ricavasse i dati con il metodo e il formato richiesto. Sono state successivamente applicate le modalità di filtraggio descritte in precedenza.

Il nuovo procedimento ha portato a stimare un valore di *FA* maggiore rispetto al precedente. In media, infatti, l'accuratezza migliora di circa il 10%. Mantenere il valore precedente di *FA* avrebbe quindi comportato una sovrastima della scorta di entità non indifferente (si veda l'analisi di sensitività).

### **3.2 Daily demand variability (DDV)**

Com'è facilmente intuibile, il forecast settimanale non si traduce in una domanda uniforme. Le vendite presentano infatti variazioni considerevoli. La formula proposta dal tool è la seguente:

$$DDV = [(Highest\ Daily\ Sales\ of\ the\ week) / (Avg\ Daily\ Sales\ for\ the\ week)] - 1$$

L'unità di misura utilizzata per le vendite è la cassa unitaria *UC*. Questa unità di misura è stata introdotta da *Coca-Cola HBC* per poter confrontare codici diversi.

Nella fase di calcolo si sono però riscontrate alcune difficoltà. Anzitutto è necessario scegliere, tra le 13 settimane inizialmente considerate, una settimana “significativa”, che rappresenti adeguatamente l’andamento medio (*average*) e il picco (*highest*). Inoltre esiste la possibilità che i prodotti bassorotanti presentino vendite pari a 0 per molti giorni. Per come è stata costruita la formula, questi valori nulli porterebbero a risultati non significativi (media molto bassa e rapporto molto alto). Considerando l’impossibilità di individuare una settimana rappresentativa per ogni prodotto in ogni DC, è stato utilizzato un indice alternativo. La variabilità è stata calcolata a livello settimanale (etichettata comunque con DDV):

$$DDV = [(Highest Weekly Sales) / (Avg Weekly Sales)] - 1$$

È stato utilizzato un report di SAP che, per ogni DC, raccoglie le vendite settimanali per codice. Le quantità in SAP sono espresse in casse fisiche (*PHC*); non è stata effettuata alcuna conversione, poichè il rapporto rimane costante.

Le prime analisi dei risultati hanno portato ad individuare alcuni codici per i quali la *DDV* risultava molto alta. Dato che questo determinava scorte di sicurezza estremamente elevate (si veda analisi sensibilità capitolo 8), si è studiato un approccio per eliminare le eccezioni. Lo scopo era quello di identificare valori di *Highest Weekly Sales* che potessero essere etichettati come outliers. Si mirava quindi a individuare quali, tra i dati raccolti, innalzassero eccessivamente il rapporto senza rispecchiare l’andamento reale della domanda. Scartare la più alta vendita settimanale di ogni codice avrebbe rappresentato un approccio troppo semplificato, che avrebbe diminuito la significatività dell’indicatore *DDV*. Si è allora calcolato un indice secondario:

$$DDV' = [(Second Highest Weekly Sales) / (Avg Weekly Sales)] - 1$$

Empiricamente, si è imposta la seguente condizione:

$$DDV - DDV' > 1$$

Se questa condizione è soddisfatta significa che ad alzare la variability è un outlier, che viene quindi eliminato.

Nell'esempio sottostante la prima formula darebbe luogo a valori di *DDV* troppo elevati (3,42). Si sospetta perciò la presenza di un outlier. Poichè la differenza con *DDV'* (1,57) è  $>1$ , si tralascia l'osservazione che ha un valore troppo elevato (222) e nel tool si riporta il valore di *DDV'*.

CODE	SALES								DDV	DDV'
	WK 1	WK 2	WK 3	WK 4	...	WK 11	WK 12	WK 13		
11111	47	56	22	74	...	102	<del>222</del>	57	3,42	1,57

Si è riscontrato che molti dei valori “troppo elevati” ( $DDV > 3$ ) erano dovuti alla presenza di un outlier. Con il metodo proposto è stato possibile ricavare una *DDV* comunque significativa, senza alzare troppo il livello di scorta.

Anche in questo caso, la modalità di calcolo è stata successivamente modificata. Ancora una volta, sono state applicate le considerazioni precedentemente espone. Ai fini della gestione della scorta, infatti, le occorrenze di vendite più basse rispetto alla media non sono rilevanti. È invece necessario tracciare i picchi, cioè gli eventi che si collocano al di sopra della media. Come nel caso precedente, l'intervallo di analisi è stato ampliato fino a comprendere le 26 settimane tra aprile e settembre 2014. Data l'impossibilità di trovare una settimana “significativa” per ciascun codice, sono stati analizzati i dati giornalieri dei mesi appena indicati.

Per prima cosa è stata calcolata la vendita media giornaliera  $V_{avg}$  di ciascun codice. Successivamente, l'intero elenco di vendite giornaliere  $V_i$  di ciascun prodotto è stato filtrato come segue:

$$V_i > V_{avg} \rightarrow V_i \text{ mantenuta}$$

$$V_i < V_{avg} \rightarrow V_i \text{ scartata}$$

L'elenco dei valori  $V_i$  così ottenuti rappresenta tutte le vendite al di sopra della media  $V_{avg}$ . A questo punto, era nuovamente necessario eseguire un'operazione di filtraggio volta all'eliminazione degli outliers. Invece di procedere come nel caso precedente, si è scelto di ricavare un valore medio dei picchi della domanda (i.e. maggiori della media). Questo valore è stato calcolato come la media delle  $V_i$ . Si è quindi ottenuto il valore  $AVG_i(V_i)$ , il quale ha permesso di ottenere:

$$DDV = [AVG_i(V_i) / V_{avg}] - 1$$

La  $DDV$  così determinata presenta un valore minore rispetto a quella precedentemente calcolata. Non viene infatti considerato il singolo picco relativo ad una giornata, ma una media di tutti i picchi, anche di entità ridotta. Di conseguenza il numeratore risulta minore. Il nuovo metodo è più coerente con le caratteristiche del tool. In un intervallo tanto esteso come quello considerato possono infatti verificarsi picchi di entità considerevole, legati a contingenze particolari. Con il metodo precedente, la  $DDV$  sarebbe quindi calcolata sulla base di una eccezione, non rappresentativa della realtà. Al contrario, la nuova  $DDV$  restituisce un valore più significativo, in quanto, grazie all'operazione di media, compensa statisticamente gli outliers. La scorta è quindi dimensionata su un valore generico e non insegue i picchi estemporanei.

### 3.3 Lead time

Le spedizioni di prodotto verso i magazzini non sono gestite in modo unificato. Alcuni DC ricevono spedizioni giornaliere, altri con intervalli superiori (che solitamente non superano le 48 h). Le tipologie di SKU spediti dipendono dalla domanda allocata al warehouse stesso. In un'ottica di ottimizzazione dei costi logistici, si spediscono solamente bilichi completamente carichi.

Nel tool sono stati considerati i seguenti tempi, espressi in giorni:

- Loading/unloading e transportation (dal plant fino al DC).
- Planning period, in cui il replenishment dello stock viene pianificato.
- Frozen period, durante il quale è possibile modificare l'ordine di replenishment.
- Cycle time, che rappresenta l'intervallo tra due replenishment successivi.

In particolare, frozen period e planning period risultano costanti. Il planning viene infatti effettuato a livello centralizzato per tutti i magazzini, con procedure standard a livello nazionale. Per creare un margine di sicurezza, in ogni DC è stato calcolato un valore massimo per ciascuno di questi tempi. Questo valore è stato poi assegnato a tutti i codici presenti nel DC stesso. Per i tempi di trasporto è stato stimato un tempo medio: il grande numero di variabili che possono influenzare le deliveries (eg: traffico, errori nelle procedure di carico/scarico, ...) rende infatti impossibile una stima esatta. Relativamente al cycle time, è stato inserito l'intervallo temporale minimo. Se le vendite dovessero risultare minori delle previsioni, il tempo tra due replenishment successivi risulterebbe maggiore. Tuttavia, ai fini del calcolo della scorta di sicurezza è necessario considerare proprio il tempo minimo, che viene impiegato qualora si presentasse il rischio di *OOS*.

### 3.4 Extra days of inventory

Gli extra days of inventory, etichettati come  $t_{extra}$ , rappresentano il tempo richiesto dalle attività logistiche all'interno del magazzino. L'influenza di questo fattore è ridotta per quanto riguarda il tool dei DC; assumerà invece una rilevanza maggiore nell'ambito dei PC.

### 3.5 Service level

Il livello di servizio, espresso come percentuale, indica la porzione della domanda che si mira a soddisfare. Si utilizza un valore unico, per tutti i codici, in tutti i DC. L'orientamento alla qualità che caratterizza l'azienda ha determinato la scelta di una percentuale molto elevata.

### 3.6 Altri dati

I dati sopra elencati sono sufficienti al calcolo del livello di scorta (espresso in giorni). Tuttavia il tool può ricevere in input dati aggiuntivi. In questo modo è possibile ricavare informazioni addizionali, che permettono di analizzare i risultati da diversi punti di vista.

Per ciascun codice viene inserita la domanda  $D$  (allocata al singolo DC). L'orizzonte temporale utilizzato è sempre di 26 settimane (6 mesi, 130 working days). A partire da questo valore viene ricavata la domanda media giornaliera  $d=D/130$ . È così possibile trasformare i giorni di copertura in quantità di prodotto, espressa in termini di  $PHC$ .

$$SS [PHC] = SS [days] * d [PHC/day]$$

Viene poi inserito il Cost Of Goods Sold *COGS* [€/PHC], calcolato ad hoc per i diversi DC. Questo permette di esprimere il livello di scorta in termini finanziari, indicando l'immobilizzo di capitale che lo stock rappresenta. Infine si considera la palletizzazione del singolo codice (espressa in [PHC/pallet] e costante per tutti i DC). Questo permette di esprimere la scorta con un'addizionale unità di misura, cioè il numero di pallet. I dati sono stati ricavati da SAP, oppure da tabelle anagrafiche costruite con Excel. Infine per ogni codice è stata riportata la classe di appartenenza secondo la regola di Pareto. Questa classificazione è descritta nell'allegato 1.

### 3.7 Calcolo della scorta di sicurezza

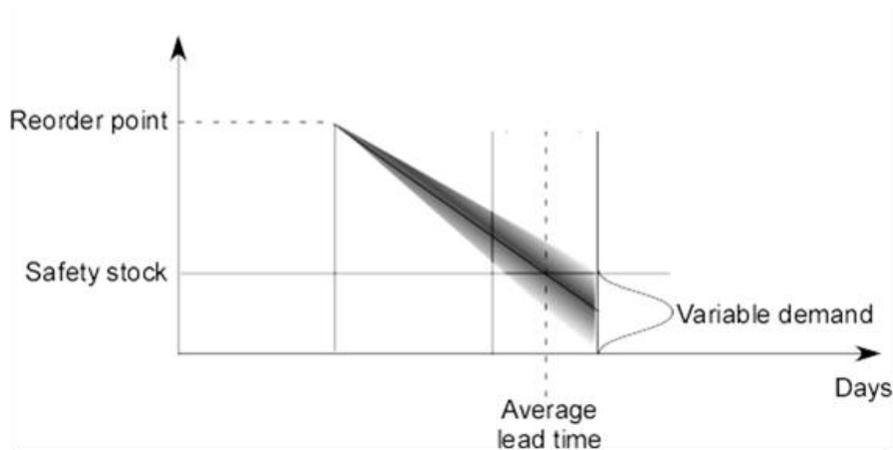
Ciascuno dei dati sopra elencati viene trasformato in un fattore da utilizzare nel calcolo finale del livello di scorta. Il metodo utilizzato è il seguente:

$$\begin{aligned} \underline{\text{FA FACTOR}} \quad FA_f &= (100/FA - 100) / 100 \\ &= (1-FA) / FA \end{aligned}$$

$$\underline{\text{SL FACTOR}} \quad SL_f = \text{NORMSINV}(sl\%)$$

$$\underline{\text{DDV FACTOR}} \quad DDV_f = DDV$$

$$\underline{\text{TIME FACTOR}} \quad LT_f = \text{SQRT}(\sum \text{lead time})$$



**Figure 4**

**L'andamento della domanda è aleatorio. Per questo motivo si mantiene una scorta aggiuntiva, detta scorta di sicurezza *SS*.**

L'ipotesi alla base della formula è quella di un andamento gaussiano della domanda. Gli extra consumi che devono essere coperti dalla scorta di sicurezza saranno quindi descritti con una distribuzione normale. Il periodo di approvvigionamento, o lead time (planning period, frozen period, transportation, loading/unloading e cycle time), è anch'esso variabile. Nonostante ciò, ai fini del simulator tool, verrà utilizzato un valore fisso. Per mantenere un certo margine di sicurezza, il lead time utilizzato è stato stimato considerando l'evenienza peggiore. Sulla base di questi valori verrà calcolato il lead time factor  $LT_f$ . Maggiori i tempi, maggiore sarà  $LT_f$ , con un conseguente aumento della *SS*.

La scorta di sicurezza mantenuta nei DC deve coprire una certa percentuale  $sl\%$  dell'extra domanda. Viene quindi tollerata una probabilità di *OOS* pari a  $1-sl\%$ .

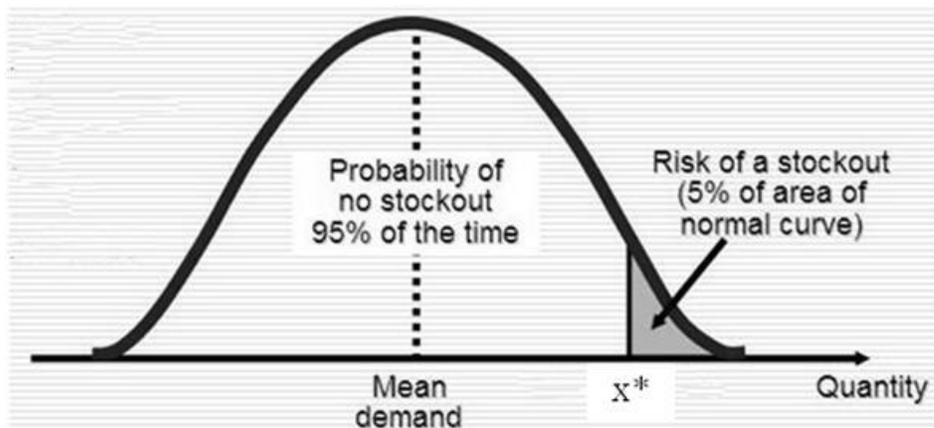


Figure 5

Rappresentazione dell'andamento dell'extra domanda. Si suppone un  $sl\%$  pari al  $95\%$ . Per garantire questo livello di servizio, la scorta deve essere pari a  $x^*$ .

Consideriamo la standardizzazione di una normale. Dato il service level concordato  $sl\%$ , è possibile ricondursi al valore  $z^*$  tale che  $F(z^*)=sl\%$ . Il valore di  $z^*$  relativo alla gaussiana degli extra consumi è stato calcolato nel campo service level factor, con la funzione *NORMSINV*. Trovando il valore  $x^*$  (nella normale) che corrisponde a  $z^*$  (nella standardizzata) è possibile determinare l'entità della scorta minima.

$$z^* = (x^* - \mu) / \sigma$$

$$x^* = \sigma z^* + \mu$$

Nella distribuzione si utilizza una media  $\mu$  pari agli extra days of inventory  $t_{extra}$ . La quantità minima di prodotto nel magazzino deve infatti essere sufficiente a coprire il tempo necessario alle operazioni del magazzino. Questo livello di stock sarà sempre presente nel DC: si ha quindi una scorta che mediamente è pari a  $t_{extra}$  giorni di copertura. La domanda può però variare per errori nel forecast (*FA*), picchi di domanda (*DDV*) ed eventuali ritardi (*lead time*). La variabilità sarà rappresentata dalla deviazione standard:  $\sigma$  sarà quindi calcolata come prodotto dei

fattori che quantificano questa variabilità. Si moltiplicano  $LT_f$ ,  $FA_f$  e  $DDV_f$ .

$$\sigma = LT_f * FA_f * DDV_f$$

$$x^* = (LT_f * FA_f * DDV_f) * SL_f + t_{extra}$$

Dove:

- $SL_f$  è pari al valore  $z^*$  corrispondente al service level desiderato
- $x^*$  così calcolato è pari al valore  $SS$  ricercato

Per calcolare la scorta massima si considerano i giorni aggiuntivi di stock dati dal cycle time. La scorta raggiunge il proprio massimo al momento del replenishment; successivamente decresce fino al replenishment successivo. Ovviamente, codici altorotanti potranno essere trasportati giornalmente al DC. Per codici bassorotanti invece, sebbene esista la possibilità di effettuare il replenishment ogni 24h, si potranno utilizzare tempi più lunghi. In questo caso la scorta raggiungerà il livello minimo in tempi minori.



## 4.0 Inventory stock target simulator tool for PC

In questo capitolo viene analizzato il secondo tool, relativo ai plant produttivi. Le differenze di dati e metodi hanno giustificato la creazione di uno strumento diverso dal precedente.

Ciascun plant rifornisce i DC di prodotto finito. In alternativa, le bevande possono essere consegnate direttamente dal PC al cliente finale, con uno skip degli attori intermedi del canale distributivo. Ogni plant opera quindi come centro distributivo, consegnando al customer e al contempo agli altri DC. Per questo motivo, la domanda totale associata al PC è data da due fattori: il *forecast* (direct sell) e la *distribution demand* (per il replenishment). Il tool calcola separatamente la scorta di sicurezza per le due finalità. La *SS* totale sarà data dalla somma dei due valori. Normalmente la consegna tra plant e DC riguarda esclusivamente prodotti che sono realizzati nel plant stesso. Esistono comunque alcune eccezioni a questa regola generale. Ad esempio, alcuni codici sono prodotti importati da altri paesi del gruppo HBC e consegnati a Nogara (che opera quindi come magazzino).

Nel network di *Coca-Cola HBC Italia* ad ogni plant sono associati uno o più magazzini satellite. La distribuzione del prodotto finito tra il PC e il magazzino associato non viene indicata nel tool. Infatti, ai fini della gestione della scorta, plant e satellite sono considerati come una singola location. Data la ridotta distanza fisica, gli SKU vengono trasportati tramite una apposita navetta quando necessario.

Nel prossimo paragrafo si descrive l'individuazione dei codici prodotti nei vari stabilimenti. Nelle sezioni successive si analizza invece il tool stesso. Le due tipologie di domanda (*forecast* e *distribution demand*)

vengono descritte separatamente, giustificando la necessità di affrontare in modo differenziato il processo di calcolo.

## 4.1 Individuare la produzione di ogni PC

Per effettuare i calcoli richiesti era necessario un elenco di tutti i codici prodotti in ciascun PC. È stata utilizzata un'estrazione di SAP che riporta tutte le run produttive effettuate dall'inizio del 2013 al current day (indicativamente agosto 2014).

I codici così individuati necessitavano di una operazione di filtraggio. Erano infatti presenti:

- Codici obsoleti, recentemente modificati con causali differenti
- Produzioni “straordinarie” effettuate per supplire a guasti o *OOS* di altri plant (il codice, in questo caso, non viene normalmente realizzato nel plant; non è quindi corretto stabilire un'associazione codice-plant a partire da un numero ridotto di produzioni out of the ordinary)
- Promozioni temporanee, o in generale codici non più sul mercato

SAP non è ovviamente in grado di distinguere nessuna di queste tre eventualità e quindi si è dovuto procedere manualmente. Per prima cosa, dalla lista “completa” appena ottenuta si sono eliminati i codici obsoleti. Era infatti disponibile una lista aggiornata dei codici modificati, che riportava il vecchio identificativo e il motivo del cambiamento. Quindi, per i codici rimanenti è stato effettuato un ulteriore controllo manuale. Se la produzione era stata lanciata per un numero esiguo di volte, oppure se risaliva a troppo tempo addietro, i codici venivano eliminati.

## 4.2 Distribution demand

La distribution demand rappresenta la domanda dei DC, che vengono riforniti dai vari plant. Si tratta quindi di una movimentazione di materiale tra attori del canale distributivo. Ciascun codice nei vari DC ha una Source of Supply *SoS* primaria (si tratta ovviamente di uno dei plant produttivi). In alcuni casi possono essere utilizzate *SoS* alternative. Ciò accade se si verificano le seguenti eventualità:

- *OOS* del *SoS* primario, che non è in grado di garantire il rispetto della domanda dei clienti interni.
- Breakdown della linea che impone la necessità di rivolgersi ad un fornitore alternativo.
- Ottimizzazione logistica. Talvolta la quantità di prodotto richiesta dal DC non è sufficiente per riempire un bilico. Il carico potrebbe essere completato con altri prodotti per i quali il plant non è la *SoS* primaria.

Il ricorso a *SoS* alternativi rappresenta però un'eccezione. Per questo motivo l'eventualità di modificare il fornitore non viene contemplata all'interno del modello.

È quindi necessario costruire una matrice che, per ogni prodotto richiesto dai DC, indichi la *SoS* primaria. Come regola generale, ciascun magazzino viene rifornito dal plant geograficamente più vicino. Esistono però eccezioni che rendono obbligatorio individuare la provenienza di ciascun codice. Si individua quindi il plant  $y$  che funge da *SoS* di un codice  $c$  nel DC  $x$ . La forecasted demand associata a quel prodotto nel DC ( $D_{x,c}$ ) sarà considerata al fine di ricavare la distribution demand totale del PC:

$$DISTR\ DEMAND_y = \sum_c \sum_x D_{x,c}$$

(dove  $x$   $tc$   $y$   $SoS$  di  $x$  per il codice  $c$ )

Nella costruzione della matrice si sono inizialmente compilati i campi relativi a codici che vengono prodotti in un unico PC (eg: alcuni flavour sono realizzati esclusivamente in uno stabilimento, su una linea specifica, quindi il supplier è già determinato). Successivamente si è utilizzata la regola generale di impostare come *SoS* il plant più vicino. Nella seguente tabella si riporta un flag “y” nel caso in cui il prodotto venga realizzato in uno dei tre PC. Questa informazione viene utilizzata per determinare la *SoS*. Il ricorso ad un metodo automatico è stato necessario a causa dell’elevato numero di codici.

		SoS più vicina			
CODE	MATERIAL	ORICOLA	NOGARA	MARCIANISE	SoS
1111	COCA COLA CAN	y			ORICOLA
2222	SPRITE		y		NOGARA
3333	NESTEA	y	y		ORICOLA
4444	FANTA CAN		y		NOGARA
5555	KINLEY	y		Y	ORICOLA
6666	POWERADE		y		NOGARA
7777	AMITA	y	y	Y	ORICOLA
8888	LILIA NATURALE	y	y		ORICOLA
9999	COCA COLA LIGHT		y	Y	?
11110	LILIA FRIZZANTE	Y			ORICOLA
22220	COCA COLA PET	Y	y		ORICOLA
33330	COCA COLA SLEEK	Y	y		ORICOLA
44440	FANTA PET	Y	y		ORICOLA
55550	FANTA SLEEK		y	Y	?

**Table 1**

**Esempio fittizio di assegnazione della SoS. Se il codice richiesto è prodotto nel PC più vicino, allora questo viene etichettato come SoS primaria. Se, al contrario, viene prodotto in entrambi i plant “lontani”, allora si inserisce un temporaneo “?” e si ricerca il valore da inserire.**

Alcuni dei codici rimanevano però esclusi, in quanto il plant vicino non li comprendeva nel proprio portafoglio prodotti. Per assegnare correttamente la domanda è stato necessario indagare le politiche di replenishment, non esplicitamente codificate. Questa operazione manuale è stata ripetuta caso per caso, fino al completamento della tabella relativa a ciascun DC.

Le operazioni di ricerca della *SoS* appena elencate sono state successivamente ripetute per ogni PC. Si ricorda infatti che ciascun plant si configura come distributore diretto nella propria area geografica, anche grazie ai magazzini satellite associati. I codici che un PC distribuisce possono essere prodotti in loco, ma possono anche arrivare da altri plant. Non viene contemplata la possibilità di inviare merce dal DC al PC: questa operazione si effettua esclusivamente in caso di emergenza.

La tabella risultante è leggermente diversa da quella ottenuta per i DC. Se un codice  $c$  è prodotto nel plant  $y$ , allora la forecasted demand  $D_{y,c}$  sarà consegnata direttamente al cliente. In questo caso, quindi, non si tratterebbe di distribution demand, ma di direct sell (forecast); il dato deve quindi essere ignorato nella fase di calcolo della distribution demand complessiva. In questi casi, per facilitare la gestione automatica dei dati tramite funzioni di VLOOKUP, è stata inserita l'etichetta "PRODOTTO INTERNAMENTE". Supponiamo, ad esempio, che il codice 2222 venga prodotto a Nogara;  $D_{Nogara,2222}$  dovrà quindi essere inserito nella sezione forecast. Per evitare che la quantità  $D_{Nogara,2222}$  sia conteggiata nella distribution demand da operazioni automatiche, si sostituirà il label "NOGARA" con la dicitura "PRODOTTO INTERNAMENTE".

Una volta individuata la *SoS* di ciascun codice, l'informazione è stata utilizzata per calcolare la distribution demand totale da associare ad ogni PC. Essa comprenderà sia le *SKU* inviate ai magazzini sia quelle spedite ad altri plant.

CODE	MATERIAL	DD PLANT 2	DD PLANT 3	DD DC 1	...	DD DC 10	DISTR DEMAND TOT
1111	COCA COLA CAN	8	-	175		471	1021
2222	SPRITE CAN	240	423	331		-	1058
3333	NESTEA VAN	207	180	-		272	1076
4444	FANTA CAN	-	-	301		-	928
5555	KINLEY CAN	200	221	-		318	811

**Table 2**

**Esempio fittizio di calcolo della distribution demand nel plant 1. Tramite funzioni di LOOKUP, vengono automaticamente estratte le distribution demand di ciascun PC e DC. Il valore viene inserito solo se il plant 1 è stato indicato come SoS primaria.**

Per i codici prodotti esclusivamente all'estero, non è stata indicata una SoS specifica. Si è invece utilizzata un'etichetta generica "ESTERO". Questa scelta è stata dettata da politiche interne dell'azienda.

Ai fini della distribution demand, non è stata mantenuta traccia della DDV e del livello di servizio da garantire al cliente interno. Inoltre, come ipotesi, si è assunta una FA% della distribution demand pari al 95%.

### **4.3 Forecast**

Il forecast rappresenta quella porzione della domanda del plant che sarà consegnata direttamente al cliente finale (direct sell). Ai fini del forecast, il plant è trattato esattamente come un qualsiasi altro DC. Rimangono quindi invariate le modalità di calcolo della FA% e della DDV descritte per i DC.

## 4.4 Shelf life

La shelf life  $SL$  [ gg ] è stata imposta da *The Coca Cola Company* per preservare la qualità della bevanda. Si tratta di un dato codificato che rimane costante per ciascun codice  $c$ , qualunque sia la location produttiva o di immagazzinamento.

A partire dalla  $SL$  è possibile ricavare la primary age  $PA$  [ gg ]. Si tratta di un valore strettamente minore della shelf life; viene utilizzato per valutare il tempo intercorso tra la produzione e la vendita al consumatore finale. Si stabilisce successivamente un valore massimo  $MAX$  [ gg ] di permanenza del prodotto nel magazzino.

$$MAX = PA / 3$$

Questo dato sarà utilizzato successivamente per validare il risultato del production cycles tool (si veda il capitolo successivo).

## 4.5 Lead time

È necessaria una distinzione dei codici. Per ciascun plant vengono individuate due famiglie di prodotti:

- Codici prodotti nel plant stesso
- Codici prodotti altrove e consegnati al magazzino del PC, per far fronte alla domanda locale

Saranno descritti per primi i codici che non sono prodotti nel PC stesso. In generale questi possono essere consegnati molto rapidamente (ad un DC come al cliente finale). Infatti un plant richiede una movimentazione

di materiale maggiore rispetto ad un DC. Di conseguenza il volume logistico risulta più elevato. Si raggiungono quindi alti livelli di ottimizzazione ed economie di scala, permettendo così trasporti più frequenti verso le varie destinazioni.

Di conseguenza si ottiene una riduzione considerevole dei lead time e si diminuisce la spesa legata all'organizzazione di deliveries con periodicità ridotta. Vengono quindi inseriti dei tempi minori rispetto a quelli utilizzati per i DC. È da notare che i tempi di loading/unloading e transportation sono relativi al trasporto dalla location produttiva al PC considerato. I numeri indicati non descrivono i tempi di movimentazione PC → DC. I suddetti tempi sono già stati inseriti all'interno del tool per i DC. Se venissero considerati anche nello strumento utilizzato per i PC comporterebbero un aumento non giustificato della SS.

L'analisi finora condotta deve essere diversificata per codici prodotti nel plant stesso. Non è necessario esplicitare i tempi di loading/unloading, in quanto sono già considerati nel tool dei DC. Occorre inoltre imporre un frozen period più prolungato, per permettere di allocare un opportuno livello di risorse al processo produttivo.

Gli extra days of inventory sono generalmente mantenuti al livello precedente; tuttavia esistono delle eccezioni. Alcuni prodotti richiedono un periodo di quarantena prima della vendita. È quindi necessario tenere traccia di quest'evenienza. Infatti, a conclusione della produzione, le bevande in quarantena non sono immediatamente disponibili. Ciò comporta un aumento considerevole del lead time che non può essere trascurato.

Come ipotesi, è stato imposto un production time unitario. Questo tempo comprenderà tutte le operazioni svolte nel plant: preparazione bevanda, imbottigliamento, controllo qualità, movimentazione interna e packaging.

Il campo Average cycle time deve essere gestito opportunamente. Un replenishment nel plant corrisponde al lancio di una run produttiva. La quantità di codice da produrre in ciascuna run non è però determinata. Un elevato lotto di produzione comporta un aumento dello stock, con il conseguente incremento dei costi collegati. Tuttavia, le operazioni di set-up necessarie per passare da un prodotto al successivo sono giustificate solamente se il lotto di produzione è di una certa dimensione. Risulta quindi necessario ricercare la batch quantity ottimale per ciascuna run. Questa grandezza sarà variabile a seconda del codice e della linea utilizzata. Per giungere ad una ottimizzazione, il risultato dovrà tenere conto di vincoli tecnici ed economici. Vista la complessità del calcolo, l'Average cycle time verrà ricavato con un tool dedicato. Nel capitolo successivo, le considerazioni qui anticipate verranno approfondite e le procedure utilizzate saranno esplicitate.

## 5.0 Production cycles tool

Il production cycles tool calcola la optimal production frequency  $PF$  [days], cioè l'intervallo temporale tra due produzioni consecutive dello stesso codice. Il valore richiesto dovrà tener conto di aspetti tecnici ed economici e della loro ottimizzazione. La  $PF$  deve essere ricavata per ogni codice prodotto in ciascun PC.

Il valore di production frequency ottenuto, seppur indicativo, potrà essere utilizzato dalla funzione planning per definire sequenze prefissate di codici da mandare in produzione. L'analisi dei risultati fornisce anche la possibilità di identificare codici bassorotanti ed eseguire quindi ottimizzazioni a vari livelli.

Per giungere a questi risultati, vengono calcolate tutte le grandezze che contribuiscono a determinare l'Economic Batch Quantity EBQ. Successivamente, il valore di EBQ ottenuto viene approssimato ad un multiplo del lotto minimo di produzione. Si calcola infine il numero di giorni che questo lotto coprirà. Il risultato sarà la  $PF$  cercata. Gli step del calcolo saranno ripresi con maggiore dettaglio nel corso del capitolo. Ciascun paragrafo descriverà le modalità con cui ogni dato richiesto è stato ottenuto ed utilizzato per il calcolo finale.

### 5.1 Ratei di produzione

Il rateo produttivo  $P_c$ , espresso in [  $PHC/turno$  ], è stato ricavato da un foglio Excel. È importante ricordare che un codice  $c$  può essere prodotto su linee con performance differenti. Per alcuni codici, quindi, si ricavano diversi valori, ciascuno relativo ad una linea produttiva.

## 5.2 Lotto minimo di produzione

Il valore del lotto minimo di produzione  $Q_c$  (relativo al codice  $c$ ) non era stato codificato. Un valore realistico poteva essere individuato utilizzando il rateo di produzione  $P_c$  [  $PHC/turno$  ]. Solitamente le produzioni sono lanciate per la durata di un turno intero. Tuttavia, un lotto minimo pari alla produzione di un turno intero comporta una  $PF$  troppo elevata (i.e. il lotto realizzato è di dimensioni tali da coprire il fabbisogno di molte settimane). Occorre quindi ridurre il tempo di produzione. In questi casi, la quantità minima viene concordata: Produzione e Planning ricercano un trade-off, per soddisfare i vincoli tecnici e rispondere alle esigenze del mercato.

La quantità concordata si traduce successivamente in un ordine di produzione, che viene memorizzato in SAP. Si è esaminato il database delle produzioni lanciate nei 18 mesi precedenti. Per ciascun codice è stato individuato l'ordine di produzione più contenuto, corrispondente alla quantità  $q_{c\ min}$ . Visto che un codice  $c$  può essere prodotto su linee diverse, si è calcolato un valore per ogni linea. Si è quindi imposto:

$$Q_c = MIN(q_{c\ min}; P_c)$$

Il procedimento individuato tiene traccia di eventuali produzioni “out of the ordinary” (eg: interruzioni a causa di guasti). Si ottengono perciò valori non corretti di  $q_{c\ min}$ . Non è quindi possibile dimensionare il lotto ottimale  $EBQ$  utilizzando questo approccio. Il filtraggio manuale risulta eccessivamente time-consuming.

Per questo motivo si è adottata ad un'altra procedura. Si è ricavato il lotto minimo di produzione imposto da vincoli tecnici. Il nuovo  $Q_c$  [  $PHC$  ] dipende dal taglio minimo del concentrato dal quale si ricava la bevanda. Ogni unità di concentrato permette di produrre una quantità ben definita di prodotto. Gli operatori della sala scioppo, che si occupano

della lavorazione del concentrato, sono soggetti a vincoli tecnici che impongono produzioni di quantità minime. Considerando questo vincolo nelle prime fasi della produzione, si ottiene un valore minore di  $P_c$  che consente il calcolo di una  $PF$  più realistica.

Per ciascuna tipologia di bevanda è stato individuato il taglio minimo di concentrato lavorabile  $S_{min}$ . Successivamente, lo sciroppo realizzato sarà consegnato per procedere alla lavorazione. In ultima analisi, i volumi prodotti sono determinati dai tagli di concentrato.  $S_{min}$  dovrà essere convertito in PHC utilizzando il rapporto fisso tra PHC e unità di concentrato.

Code	Material	PHC/concentrate unit	$S_{min}$	Min Batch [PHC]
1111	CAN COCA-COLA	401	1	401
2222	CAN SLEEK COCA-COLA	544	1	544
3333	CAN SPRITE	122	7	854
4444	CAN COCA-COLA ZERO	804	14	11256

**Table 3**

**La tabella riporta il metodo di calcolo utilizzato. I valori sono fittizi.**

### **5.3 Change Over time**

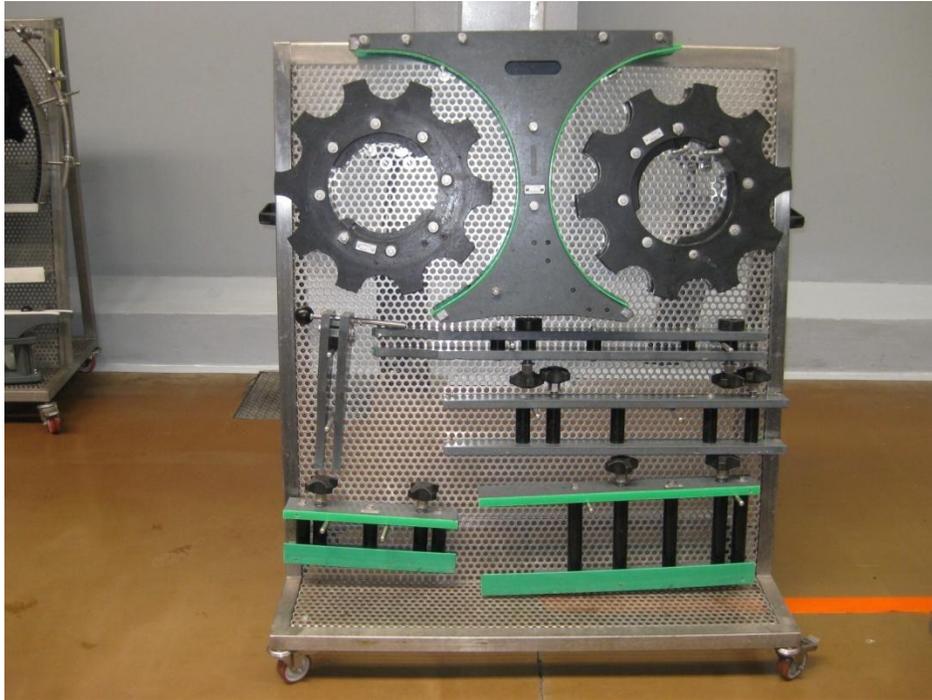
La valorizzazione dei tempi di C/O rappresenta una problematica di difficile soluzione. Per calcolare l'EBQ è necessario ricavare un tempo unico per ciascun codice. In alcuni casi, lo stesso articolo può essere prodotto su più linee, anche all'interno di un unico stabilimento. È quindi necessario calcolare un tempo per ogni coppia codice-linea.

Il cambio di lotto produttivo presenta due possibilità:

- Cambio formato (eg: da lattina regular 0,5 l a regular 0,33 l, oppure da regular 0,33 l a sleek 0,33 l)
- Cambio flavour (eg: da Fanta a Sprite Zero, oppure da Coca Cola Zero a Coca Cola Caffein Free), anche detto *CIP* o sanificazione

Questi casi sono ovviamente diversi tra loro e richiedono tempi differenti. Sono infatti necessarie operazioni variabili di settaggio, sanificazione e set-up macchinari. In particolare, il cambio formato richiede tempi più lunghi rispetto alla sanificazione per cambio flavour. In alcuni casi entrambe le operazioni devono essere realizzate contemporaneamente. Per ridurre il tempo complessivo, alcune attività sono portate avanti in parallelo. Esistono però dei vincoli tecnici che impongono la realizzazione di alcune operazioni di cambio formato solo alla conclusione della sanificazione (eg: C/O del filler). Il calcolo del tempo totale dovrà quindi tenerne conto.

Le due tipologie di operazioni sono svolte in un tempo aleatorio. Esistono infatti molti fattori che possono influenzare le azioni di settaggio. Un esempio è la sostituzione dei pezzi del filler. Questi elementi meccanici hanno un peso considerevole e presentano difficoltà di afferraggio. Generalmente, operatori maschi sono in grado di svolgere le sostituzioni con maggiore velocità rispetto alle colleghe di sesso femminile. Viene quindi introdotta una variabilità casuale difficilmente controllabile.



**Figure 6**

**Pezzi del filler che devono essere sostituiti durante un cambio formato**

Nel modello costruito l'aleatorietà dei tempi viene tralasciata, per semplificare i calcoli. Si è quindi utilizzato un tempo target, opportunamente valorizzato per ciascuna linea. I dati sono disponibili nel seguente formato:

<b>Linea X</b>	<b>TARGET [min]</b>
<b>CIP Tipologia 1</b>	<b>X</b>
<b>CIP Tipologia 2</b>	<b>X</b>
<b>CIP Tipologia 3</b>	<b>X</b>
<b>Analisi 1</b>	<b>X</b>
<b>C/O Soffiatrice</b>	<b>X</b>
<b>Pulizia</b>	<b>X</b>
<b>Attesa 1</b>	<b>X</b>
<b>Attesa 2</b>	<b>X</b>
<b>C/O Packaging 1</b>	<b>X</b>
<b>C/O Packaging 2</b>	<b>X</b>
<b>C/O Filler</b>	<b>X</b>

Si sono valutate le molteplici combinazioni di *CIP* e di cambio formato (in tabella indicato come *C/O* di una macchina). Sono state individuate, per ciascuna possibilità, le operazioni svolte in parallelo e quelle che possono essere intraprese solo alla conclusione delle precedenti. Non è quindi corretto sommare i vari contributi, in quanto si otterrebbe una stima pessimistica, che non considera il parallelo.

Il calcolo dei tempi di *C/O* presenta un ulteriore ostacolo. Nel caso del cambio flavour, possono rendersi necessari 3 diversi tipi di *CIP*. Per alcuni flavour le operazioni di pulizia vengono svolte rapidamente. Si utilizzano infatti processi che sfruttano fluidi non aggressivi per il risciacquo. In altri casi, per garantire la corretta pulizia della linea e la qualità della bevanda, sono necessarie sostanze aggressive e temperature elevate. Anche nei cambi di formato i tempi variano a seconda dei codici interessati.

Risulta ovvio che il tempo totale di *C/O* (associato ad un codice) dipende non solo dalla linea su cui viene realizzato, ma anche dal codice che sarà

prodotto successivamente. Questa caratteristica intrinseca del processo produttivo rappresenta un grosso ostacolo al calcolo di un tempo esatto di C/O. Se fosse possibile ipotizzare un pattern di produzione periodico prefissato (eg: ripetere invariata la seguente produzione: *codice 1111, cambio flavour, codice 2222, cambio formato, codice 3333, cambio formato e flavour*), potremmo ricavare l'esatto tempo di C/O: sarebbe sufficiente costruire una matrice nella quale linee e colonne rappresentano i vari codici. La matrice verrebbe valorizzata con i C/O necessari per passare da un prodotto all'altro. Si giungerebbe così ad identificare la totalità delle possibilità. A partire da questa matrice, sempre considerando la schedulazione fissa, si potrebbe ricavare il tempo esatto associato a ciascun codice (eg: riprendendo l'esempio precedente, potremmo associare al *codice 2222* il tempo necessario per passare dal formato del *codice 2222* al formato del *codice 3333*). Purtroppo non è possibile soddisfare l'ipotesi alla base di questo metodo, poiché nella schedulazione della produzione la periodicità non è garantita. Anche nel caso in cui un *codice 1111* fosse mandato in produzione con cadenza settimanale, il prodotto realizzato successivamente potrebbe variare sulla base della domanda.

Questa caratteristica della produzione si scontra con la struttura del tool. Nel modello proposto, infatti, è obbligatorio assegnare un tempo unico al *codice 1111*, per cui non è possibile contemplare tutte le casistiche. È perciò necessario trovare un valore singolo  $T_{C/O}$  per ciascun codice, senza applicare semplificazioni eccessive, perchè comporterebbero perdita di significatività del risultato. Sono state proposte e valutate diverse ipotesi, con gradi di approssimazione più o meno elevati.

Di seguito sono descritte le tre modalità di calcolo utilizzate. Segue una fase di valutazione dei risultati di ciascuna metodologia. Si segnala che ai calcoli sono state applicate rifiniture ove opportuno. Raccogliendo le best practises e le procedure tacite utilizzate in fase di pianificazione è stato possibile ottenere un maggiore grado di realismo.

### 5.3.1 Prima ipotesi di calcolo

Si considera un singolo formato  $F$  (eg: can sleek 0,33 l). L'insieme dei codici  $c$  con formato  $F$  è costituito quindi da vari flavour (eg: per il formato can sleek 0,33 l si considerano i codici Coca can sleek 0,33 l, Sprite can sleek 0,33 l, ...). A ciascun codice di questo insieme si assegna un tempo  $T_{C/O}$ :

$$T_{C/O} = T_{\text{sanificazione}} + T_{\text{formato}}$$

$T_{\text{sanificazione}}$  rappresenta l'insieme delle componenti temporali di  $CIP$ .

$T_{\text{formato}}$  indica invece la componente di cambio formato tecnico.

La sanificazione può avvenire con tre modalità diverse. Tutte le possibili procedure sono utilizzate per i passaggi tra i flavour, seppur con frequenza diversa. Durante la prima esecuzione del calcolo si è supposto che le 3 operazioni di  $CIP$  fossero equiprobabili (i.e. non esiste un procedimento di  $CIP$  talmente raro da poter essere assegnato esclusivamente ad alcuni codici). L'ipotesi che ogni tipologia di  $CIP$  avvenga con la stessa frequenza, seppur approssimativa, è sufficientemente rappresentativa della realtà. Viene quindi utilizzato un valore medio:

$$T_{\text{sanificazione}} = (T_{CIP1} + T_{CIP2} + T_{CIP3}) / 3$$

Il valore di  $T_{\text{sanificazione}}$  sarà quindi costante per tutti i codici  $c$  con formato  $F$ .

$T_{\text{formato}}$  non può essere calcolato con le stesse modalità. Per ottimizzare il processo, la schedulazione pone in sequenza la produzione di tutti i codici con lo stesso formato: si effettuerà così un singolo cambio al termine di ogni sequenza. Occorre distribuire il tempo di cambio formato

finale tra tutti i diversi flavour con formato  $F$  inseriti nella sequenza. Tuttavia, come precedentemente affermato, la sequenza non rimane costante, ma viene modificata. L'analisi dei pattern di produzione rivela che alcuni flavour (i più diffusi) vengono inseriti nella sequenza ogniqualevolta si predisponga la linea alla produzione di un certo formato. Al contrario, altri flavour con domanda contenuta non sempre vengono schedulati, nonostante la linea si trovi nel settaggio richiesto. Alla luce di ciò, non è realistico assegnare a ciascun flavour una porzione uniforme del tempo necessario al cambio formato.

Occorre quindi distribuire diversamente il tempo di set up. I codici più frequenti si vedranno attribuire una frazione maggiore, e viceversa. Si assegna quindi ad ogni codice un certo peso, rappresentativo della frequenza con cui viene prodotto.

I dati sulla frequenza vengono ricavati da un'estrazione da SAP. Si analizza il volume di produzione totale  $V_{tot\ c}$  di ciascun articolo su ogni linea. Per garantire una rappresentazione coerente dell'andamento variabile, si considera un orizzonte di analisi esteso, (01/2013 – present day). I codici vengono raggruppati secondo il formato comune, calcolando la quantità totale associata al formato  $V_{tot\ F}$ . All'interno di ciascun cluster si ricava poi la percentuale rispetto al totale. Essa viene calcolata per ogni codice  $c$  con formato  $F$ .

$$\% \text{ codice } c = V_{tot\ c} / V_{tot\ F}$$

Sarà infine possibile individuare una porzione del tempo totale di cambio formato  $T_{tot\ formato}$  sulla base della percentuale appena calcolata.

$$T_{formato} = (\% \text{ codice } c) * T_{tot\ formato} / 100$$

La tabella seguente esemplifica, con valori fittizi, il metodo utilizzato per il calcolo. Si suppone, per entrambi i formati, un  $T_{tot\ formato}$  pari a 200 minuti.

<i>CODICE</i>	<i>NOME</i>	<i>LINEA</i>	<i>FORMATO</i>	$V_{tot F}$	<i>% codice</i>	$T_{formato}$	$T_{sanificazione}$
1111	COCA-COLA	PET Line 1	1.0 Litre	10	10,00%	20,00	65
2222	NESTEA	PET Line 1	1.0 Litre	20	20,00%	40,00	65
3333	KINLEY	PET Line 1	1.0 Litre	20	20,00%	40,00	65
4444	FANTA	PET Line 1	1.0 Litre	35	35,00%	70,00	65
5555	COCA ZERO	PET Line 1	1.0 Litre	10	10,00%	20,00	65
6666	SPRITE	PET Line 1	1.0 Litre	5	5,00%	10,00	65
7777	NESTEA	PET Line 1	1.5 Litre	40	40,00%	80,00	65
8888	COCA-COLA	PET Line 1	1.5 Litre	30	30,00%	60,00	65
9999	FANTA	PET Line 1	1.5 Litre	30	30,00%	60,00	65

Si noti come, per tutti i codici e tutti i formati sulla stessa linea, si utilizza un  $T_{sanificazione}$  costante.

Alla regola generale appena descritta possono essere applicate alcune eccezioni rappresentative di casi particolari:

- Una delle linee BIB realizza un numero contenuto di flavour. Solamente un codice  $c^*$  richiede il procedimento  $CIP_3$  (più complesso e più lungo dal punto di vista temporale). In questo caso, il tempo  $T_{sanificazione}$  sarà pari a  $T_{CIP3}$ . Per i codici rimanenti,  $T_{sanificazione}$  potrà essere calcolato come durata media degli altri 2 processi di  $CIP$ .
- Alcune linee producono formati totalmente differenti, tanto che il tempo di cambio varia significativamente. Non potendo ipotizzare una sequenza costante, si è utilizzato come  $T_{tot\ formato}$  un tempo medio.

- Una delle linee PET produce esclusivamente un singolo formato. Per i codici realizzati su quella linea viene posto :

$$T_{C/O} = T_{sanificazione}$$

Il passaggio tra codici diversi può richiedere, in alcuni casi, il cambio del packaging. Questo tempo di C/O non è stato menzionato poichè generalmente può essere svolto in parallelo alle operazioni di sanificazione. Esiste tuttavia un caso particolare: possono essere prodotti in successione due codici dello stesso flavour e formato, ma con packaging differente. Nel passaggio tra i due lotti produttivi, il  $T_{C/O}$  si ridurrebbe quindi al singolo cambio packaging. Si tratta comunque di un caso raro. Per le bevande più vendute sono state predisposte linee dedicate, in grado di produrre un singolo *WIP* e di effettuare due packaging distinti. Grazie alla ridondanza introdotta si possono quindi evitare set-up nel passaggio tra i codici.

Infine, per garantire la qualità di determinate bevande, deve essere effettuata un'analisi particolare: la cromatografia liquida ad alta prestazione (High Performance Liquid Chromatography, HPLC). Questa operazione è necessaria per verificare l'eliminazione dei residui di produzioni precedenti. L'analisi non può essere svolta in parallelo ad altre attività e la produzione può iniziare solo al termine della HPLC; il tempo impiegato deve quindi essere aggiunto al calcolo del C/O.

### **5.3.2 Seconda e terza ipotesi di calcolo**

Si è voluto applicare anche un metodo di valutazione alternativo. Il procedimento di calcolo non avviene in automatico, ma deve essere adattato a ciascun caso. Relativamente a casi particolari, saranno applicate le stesse considerazioni elencate nel capitolo precedente. Nel determinare il valore definitivo si procederà ad aggiustamenti customizzati.

Per calcolare i valori alternativi, si è presa come riferimento la matrice delle sanificazioni. Essa indica la tipologia di *CIP* richiesta per il passaggio tra i diversi flavour (l'immagine successiva ha solo scopo esemplificativo: i valori riportati sono fittizi). Utilizzando la matrice è possibile ottenere un grado maggiore di realismo nel calcolo del tempo.

from GUSTO	to	C	C						KT	F	F	F	F	F	F	K	N
		C	C	CL	CZ	SZ	FZ	S	W	Ic	L	O	O	R	BL	B	
CC		3	3	3	2	1	3	1	1	3	2	3	1	2	3	2	
CCCF		2	1	2	1	1	3	1	3	3	3	3	3	2	1	1	
Clight		3	1	1	3	3	3	2	2	2	3	2	3	2	1	3	
CZ		2	3	2	3	3	2	2	3	1	1	1	3	2	3	2	
SZ		3	1	2	2	1	3	3	2	1	2	3	2	2	1	3	
FZ		3	1	3	2	2	1	2	3	3	1	3	2	2	3	1	
Sprite		1	3	2	2	2	3	1	2	3	2	3	3	3	3	1	
KTW		3	2	1	3	2	1	2	2	2	2	2	2	3	2	1	
F Icy		3	3	3	1	2	1	2	3	2	2	1	3	2	1	1	
F Lem		2	2	3	1	3	1	3	2	3	2	2	2	1	3	2	
Fanta Or		2	2	3	3	3	2	3	1	1	1	2	2	3	2	2	
F BO		2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	1	2	2	2	
F RE		2	1	3	1	3	2	3	1	1	2	3	2	1	2	3	
KBL		2	2	3	3	1	2	3	3	1	1	3	1	2	2	2	
NB		3	2	1	1	3	2	3	1	1	3	3	2	2	3	3	

<b>CC</b>	Coca-Cola	<b>SZ</b>	Sprite Zero
<b>Clight</b>	Coca-Cola Light	<b>F Icy</b>	Fanta icy lemon
<b>Sprite</b>	Sprite	<b>F RE</b>	Fanta Red Emotion
<b>Fanta Or</b>	Fanta Orange	<b>FZ</b>	Fanta Orange Zero
<b>CCCF</b>	Coca-Cola Caffeine Free	<b>F Lem</b>	Fanta Lemon
<b>CZ</b>	Coca-Cola Zero	<b>KBL</b>	Kinley Bitter Lemon
<b>KTW</b>	Kinley Tonic Water	<b>NB</b>	Nestea Lemon and Peach
<b>F BO</b>	Fanta Bitter Orange		

I tempi di *CIP* sono stati distribuiti cercando di rispecchiare la tipologia di sanificazione che ciascun codice *c* richiede nel cambio flavour. Inizialmente si è ipotizzato che *c* fosse il codice prodotto successivamente al C/O. In questo caso, è necessario leggere la tabella per colonne. I *CIP* necessari *prima* del codice *c* sono infatti indicati verticalmente. Si è quindi calcolato un valore medio per ciascun flavour. Questo ha permesso di calcolare  $T_{\text{sanificazione}}$  di conseguenza.

CC
1
3
3
1
3
3
1
3
3
3

eg: *codice c (flavour coca cola)*  
*CC: 30% CIP1 ; 70% CIP3*  
 $T_{\text{sanificazione}} = 0,3 T_{CIP1} + 0,7 T_{CIP3}$

$T_{\text{formato}}$  è stato calcolato come nel caso precedente.

In alternativa si è ipotizzato che *c* fosse il codice di partenza, la cui produzione avviene prima del C/O (la tabella è quindi stata letta considerando la riga del flavour del codice *c*). Il calcolo non varia rispetto all'esempio appena presentato. L'utilizzo di questa modalità alternativa può essere giustificato analizzando la tabella delle sanificazioni (da notare che la tabella fittizia qui riportata non rispecchia

necessariamente le caratteristiche ora descritte). La tipologia di sanificazione è strettamente legata ai residui lasciati dal codice prodotto *prima* della sanificazione stessa. Per questo, la tipologia di *CIP* assegnata ad un flavour risulta meno variabile se la tabella viene letta orizzontalmente. Questo permette di ottenere un risultato più significativo.

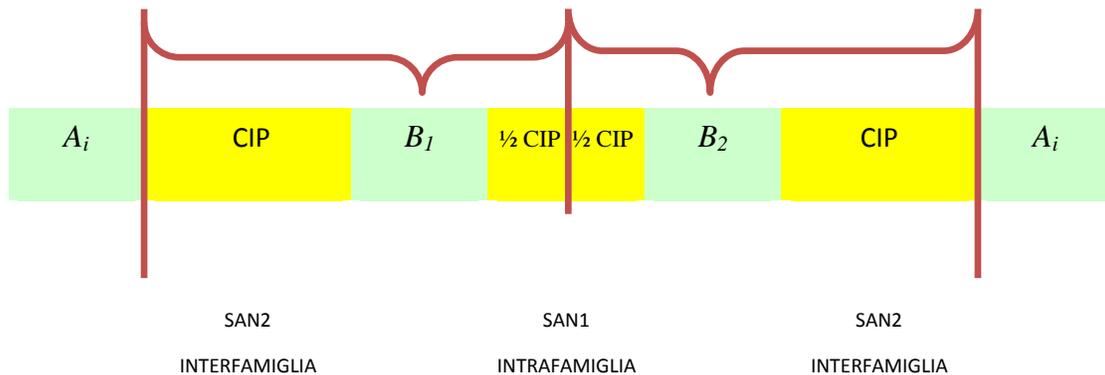
<b>FRE</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Dal punto di vista operativo, per entrambe le modalità descritte è stata costruita una tabella simile a quella sopra riportata. Invece di indicare la tipologia di *CIP* necessaria, è stato inserito il tempo richiesto dalle attività di sanificazione. Ovviamente i valori di  $T_{CIP1}$ ,  $T_{CIP2}$  e  $T_{CIP3}$  variano per ciascuna linea e per questo motivo il procedimento è stato ripetuto per tutte le linee. Per ciascuna di esse, sono stati mantenuti solo i flavour effettivamente prodotti: si ottiene quindi un sottoinsieme della tabella iniziale. A partire dai tempi per ciascun *CIP*, sono stati ricavati i tempi medi necessari per il passaggio *verso* il codice (seconda alternativa) e *dal* codice (terza alternativa).

GUSTO	CC	Clight	CZ	Sprite	KTW	Fanta Or	AVG
CC	18	56	56	18	56	35	39.8
Clight	35	18	35	56	56	56	42.7
CZ	35	18	35	18	18	35	26.5
Sprite	56	56	56	35	56	56	52.5
KTW	56	56	56	56	35	56	52.5
Fanta Or	18	35	18	18	35	35	26.5
AVG	36.3	39.8	42.7	33.5	42.7	45.5	

Come già detto, il tempo così ottenuto è stato approssimato in alcuni casi particolari, al fine di rispecchiare maggiormente la realtà produttiva. Le considerazioni sottostanti sono della stessa natura di quelle proposte precedentemente. Si riporta l'esempio di una linea. Si considera inizialmente il primo formato  $F_1$ , per poi passare al secondo,  $F_2$ :

- Relativamente al formato  $F_1$ , la linea produce 2 “famiglie” di flavour: la famiglia  $B$  è costituita da 2 codici, mentre la famiglia  $A$  è di dimensione significativamente maggiore. Per i passaggi tra flavour appartenenti alla stessa “famiglia” si impiega un  $T_{san1}$  ridotto. Al contrario, per i passaggi inter famiglie è necessario un  $T_{san2}$  considerevolmente più lungo. Date queste premesse, la schedulazione della produzione pone in successione la produzione dei flavour di famiglia  $A$ , per poi passare alla  $B$ . Nel modello costruito, ai due flavour  $B$  è stato assegnato un tempo di  $CIP$  maggiore. Infatti, quando viene lanciata in produzione la famiglia  $B$  avvengono i seguenti C/O:

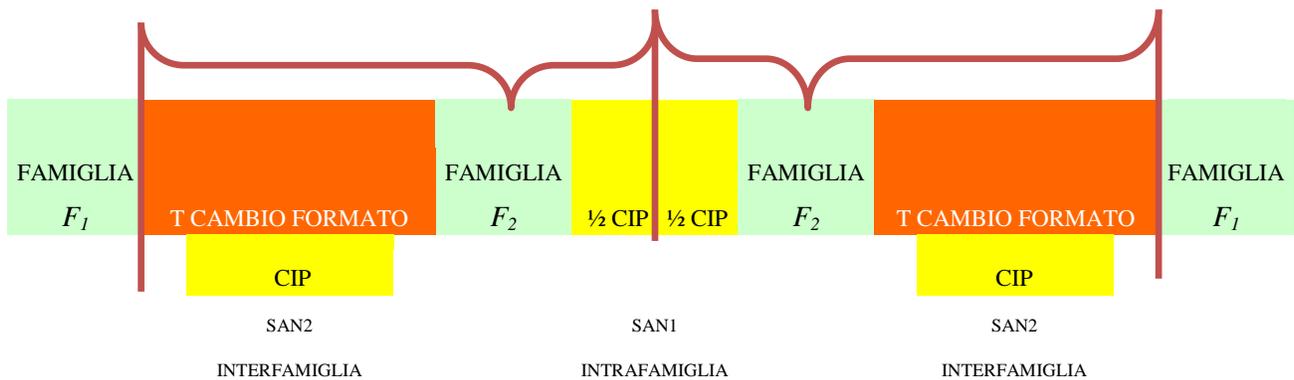


**Table 4**

**Assegnazione del tempo di CIP. Le fasi di produzione sono state riportate in verde; la sanificazione in giallo.**

Si è quindi attribuito a ciascun codice di  $B$  sia il tempo  $T_{san2}$ , sia la metà di  $T_{san1}$ , necessario per il passaggio intermedio. Ne consegue che a  $B$  viene associato un tempo molto alto, che è comunque rappresentativo della realtà: infatti il  $CIP$  più lungo viene richiesto a causa della famiglia  $B$ , che quindi ha un costo maggiore in termini di set-up. Ai codici  $A$  viene invece assegnato  $T_{san1}$ , necessario per i passaggi intrafamiglia. Si potrebbe obiettare che nell'operatività della produzione, uno di questi codici (i.e.  $A_i$  a sinistra della figura qui sopra) non richiede nessun tempo di  $CIP$ . Tuttavia non è possibile determinare a priori quale sarà questo flavour, soprattutto perchè non tutti i codici  $A$  sono prodotti ad ogni run. Si accetta quindi questa approssimazione, consapevoli che il valore  $T_{san1}$  è utilizzato per determinare la dimensione ottimale del lotto. Il risultato sarà quindi utile sia nel caso il codice si trovasse alla fine della run di famiglia  $A$ , sia che fosse schedulato in posizione intermedia.

- Sempre nella stessa linea, esiste un formato  $F_2$  alternativo. Esso comprende solo codici  $B$ . La produzione dovrebbe essere lanciata dopo aver completato la famiglia  $B$  nel formato  $F_1$  (oggetto del paragrafo precedente), in modo da evitare la sanificazione necessaria nel passaggio da un codice  $A$ . Tuttavia, la tipologia di sanificazione non influisce sul calcolo in esame: le attività di cambio formato possono essere svolte in parallelo alla sanificazione stessa e i tempi richiesti coprono ampiamente quelli previsti per il  $CIP$ . Ai codici di  $F_2$  si assegna quindi la % di  $T_{tot\ formato}$ , che in ogni caso andrà a coprire i tempi di  $CIP$  necessari per il passaggio al nuovo gusto. Rimane da assegnare al nuovo formato un tempo pari a  $T_{san1}$ , cioè il tempo per la sanificazione intermedia tra i due flavour  $B$ . Questo tempo viene suddiviso tra i due codici.



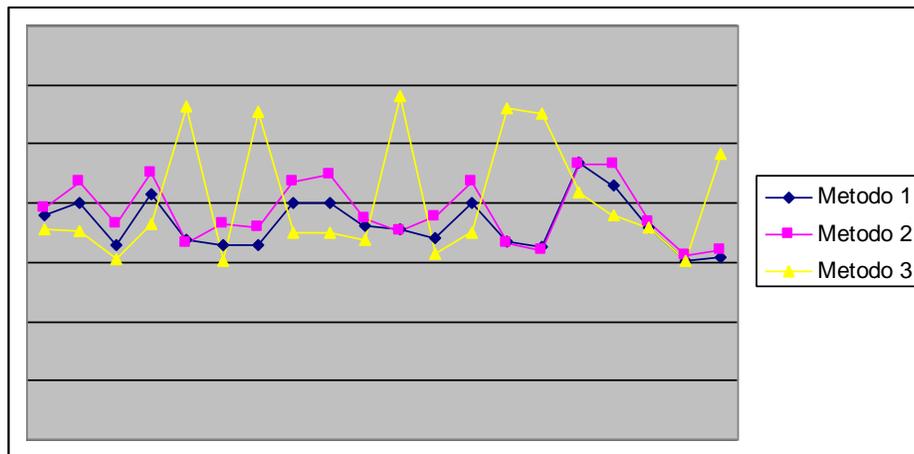
**Table 5**  
**Assegnazione del tempo di CIP e di cambio formato. Le fasi di cambio formato sono state riportate in arancione.**

### 5.3.3 Valutazione alternativa

Si propone ora un breve confronto dei risultati dati dalle tre metodologie descritte. Il primo valore è stato ottenuto utilizzando una media dei tempi di *CIP*. Per questo motivo, i codici di un certo formato  $F$  sono associati a tempi  $T_{C/O}$  molto simili tra loro. A determinare le differenze tra i due codici contribuisce solamente la percentuale allocata di  $T_{tot\ formato}$ , a sua volta determinata dal volume di produzione. Si tratta sicuramente del metodo più semplice. La semplicità di calcolo comporta però una maggiore approssimazione.

Il secondo metodo, invece, restituisce una maggiore varianza nei valori di  $T_{C/O}$  relativi ad un formato. Tuttavia, la matrice della sanificazione non presenta la regolarità che si osserverebbe se venisse letta “in verticale” (i.e. il codice  $c$  è quello prodotto a seguito delle operazioni di C/O).

Il terzo metodo, al contrario, consente di ottenere risultati con buona variabilità. In particolare, si evidenziano maggiormente i picchi positivi relativi a codici che richiedono la sanificazione più lunga. I codici rimanenti, a cui non si attribuisce una porzione del *CIP* più lungo, sono generalmente associati a valori più bassi di  $T_{CO}$ .



**Figure 7**

**Confronto grafico dei tre metodi descritti. Dagli assi sono stati eliminati i valori per preservare il segreto industriale. Si noti che i tempi calcolati con ciascun metodo hanno una media molto simile tra loro. Il valore della media trovata con i metodi 2 e 3 si discosta dalla media del primo metodo del 2%**

Nella scelta del metodo più efficace, l'attenzione è stata posta sul seguente fattore: i *CIP* più lunghi sono richiesti in seguito a determinati gusti, i quali lasciano residui nei macchinari. Per questo motivo, il primo metodo è stato scartato: associare un tempo costante a tutti i flavour rappresenta un approccio riduttivo. Tuttavia, nemmeno il secondo metodo è in grado di tracciare questa particolarità. Si supponga di analizzare un codice  $c^*$  che lascia residui e quindi richiede, al termine della produzione, un *CIP* di tipo 3. Con il secondo metodo, il tempo

associato a  $c^*$  sarebbe relativo al C/O *precedente* alla produzione del gusto. Per questo si rischia di trovare un tempo contenuto, senza tener conto che sarà proprio  $c^*$  ad allungare il C/O successivo. Il pregio del terzo metodo è proprio quello di associare al codice  $c^*$  il C/O successivo. Questo si traduce, nel risultato finale, in un picco in corrispondenza del codice  $c^*$ .

#### **5.4 Approssimazione del tempo C/O**

Per valorizzare correttamente il tempo (e in alcuni casi, il costo) di un C/O, esistono altre grandezze da considerare, oltre a quelle precedentemente elencate. La linea, a seguito di un C/O, richiede un certo tempo di ramp-up prima di poter raggiungere nuovamente il livello nominale di prestazioni. Questo tempo è stato valorizzato per ciascuna linea. Tuttavia, non è corretto aggiungere questo contributo nella sua totalità al tempo di C/O. Durante il ramp-up, infatti, la produzione procede, seppur ad un rateo ridotto. È stato deciso che, per le finalità del tool, il ramp-up potesse essere trascurato.

In aggiunta, le operazioni richieste in fase di C/O, e maggiormente in fase di *CIP*, portano ad un deterioramento di macchinari e attrezzature. A ciascun C/O dovrebbe quindi essere associato un costo (ammortamento dei macchinari), di difficile quantificazione. Esiste un metodo basilare per tenere traccia di questo fenomeno nel modello. Il costo associato ad un C/O dovrebbe essere incrementato di una percentuale opportuna. Tuttavia, per semplificare, l'usura dei macchinari non sarà considerata. In fase di implementazione, si terrà conto delle conseguenze di questa approssimazione.

## 5.5 Numero operatori per C/O

La funzione Produzione ha fornito il numero di operatori necessari per le operazioni di cambio formato e sanificazione. In alcuni stabilimenti gli operatori sono assegnati in modo statico ad una linea. I loro costi sono quindi imputabili alla linea stessa, sia che produca, sia durante il down time. In questo caso si associa alle operazioni di C/O il costo di tutta la manodopera della linea, anche se le attività impegnano solo una frazione degli operatori.

Supponiamo che ad una linea vengano assegnati  $N$  operatori. Se il C/O richiede  $n$  (con  $n < N$ ) operatori per  $t$  minuti, il numero di ore uomo imputabili al C/O non è  $n*t$ , ma  $N*t$ . Infatti gli  $N - n$  operatori non impegnati sono comunque retribuiti per tutto l'idle time  $t$  e l'esborso è imputabile al C/O. Quindi, noto  $t$  e il numero di operatori  $N$ , i calcoli descritti nel prossimo paragrafo sono facilmente eseguibili.

Alcuni stabilimenti sono però gestiti con modalità differenti. Le risorse e lo staffing sono organizzate in modo da poter assegnare al plant un certo numero di operatori. Essi potranno lavorare in modo intercambiabile tra le varie linee. Durante i down time, gli  $N - n$  operatori, altrimenti inattivi, possono essere impiegati su altre linee. È quindi necessario individuare il numero esatto di persone richieste, cioè  $n$ . Tuttavia le modalità di calcolo finora descritte ottengono un valore finale  $T_{C/O}$  che al proprio interno contiene operazioni diverse (i.e. medie tra tipologie diverse di CIP). Queste operazioni, nella maggior parte dei casi, richiedono uno staffing (i.e.  $n$ ) variabile. Si ricerca quindi un metodo accurato per ricollegare un numero di operatori al valore definitivo  $T_{C/O}$ .

Per le linee con staffing variabile si presenta una situazione di questo tipo (i valori indicati sono fittizi):

<b>ATTIVITÀ'</b>	<b>PERSONE</b>
CIP 1	2
CIP 2	3
CIP 3	2
CAMBIO FORMATO	5

In questo caso è sufficiente trasformare il tempo  $T_{C/O} [h]$  in  $T'_{C/O} [h \text{ uomo}]$ . Quindi nel calcolo del tempo  $T_{C/O}$  avremmo:

$$T'_{C/O} = T_{CIP1} * 2 + T_{CIP2} * 3 + T_{CIP3} * 2 + T_{formato} * 5$$

Si ricorda che ora  $T'_{C/O}$  è espresso in  $[h \text{ uomo}]$ , per cui, al momento dell'inserimento nel tool, il valore sarà gestito opportunamente.

Nel calcolo del numero di operatori è necessario tenere traccia anche del cambio packaging. Infatti, anche se avvengono in parallelo, queste attività occupano il personale. Non è necessario mantenere questo livello di dettaglio nel caso degli stabilimenti che assegnano operatori staticamente sulla linea. Le risorse umane della linea risultano infatti occupate per tutta la durata del C/O, anche in caso di attività in parallelo. Al contrario, è necessario mantenere traccia anche delle attività in parallelo quando gli operatori possono muoversi tra le linee di produzione.



**Figure 8**  
**C/O packaging**

Quando il cambio packaging è richiesto da un singolo codice (eg: si produce una varietà di codici 4x6 e un singolo codice x24), risulta ovvio associare le ore uomo aggiuntive esclusivamente al codice che le richiede. Negli altri casi, le ore uomo sono state suddivise tra tutti i codici che condividono la stessa modalità di packaging.

Esistono linee (solitamente disposte in parallelo) che condividono una squadra di operatori. Ad esempio, potremmo avere un operatore A che si occupa della macchina  $x'$  sulla linea 1 e al contempo della macchina

gemella  $x''$  presente sulla linea 2. In questi casi risulta molto difficoltoso assegnare puntualmente il lavoro del singolo operatore alle macchine da lui supervisionate. Il tempo  $T_{C/O}$  finora individuato è stato valorizzato combinando procedure molto diversificate (alcune delle quali in parallelo) in un singolo valore. La natura stessa del calcolo impedisce quindi di ottenere un risultato preciso. Per questo motivo si suppone che le operazioni di C/O occupino esattamente la metà della manodopera. Si tratta ovviamente di una approssimazione: l'operatore  $A$  potrebbe concludere la propria porzione di C/O in tempi minori (eg: cambio packaging). Il tempo rimanente potrebbe essere dedicato, oltre che alla supervisione della linea parallela, ad altre attività ausiliarie (eg: pulizia). Tuttavia, è praticamente impossibile tenere traccia di questi minuscoli contributi che occupano l'operatore. Per loro natura, essi sono discontinui e aleatori. L'approssimazione introdotta è quindi considerata accettabile.

## 5.6 Change over cost

Il costo associato ad un C/O viene calcolato considerando due fattori. Per prima cosa viene valorizzato il costo della manodopera diretta  $C_{mdd}$ . Il costo orario  $C$  di un operatore di linea è noto. Il tempo richiesto  $T_{C/O}$  ed il numero  $N$  di risorse uomo dedicate sono stati calcolati precedentemente. Si può quindi ricavare:

$$C_{mdd} = C * N * T_{C/O}$$

In aggiunta ai costi per la manodopera, un C/O comporta perdite di materie prime (RM losses). Queste perdite sono state distinte in due categorie: utilities e RM.

Con l'etichetta generica RM si definiscono le materie prime necessarie per il prodotto finito vero e proprio. Il primo materiale preso in

considerazione è l'acqua purificata. Tuttavia, le perdite di questa materia prima sono contenute e il costo unitario è ridotto. Ciò comporta una spesa trascurabile (i.e. inferiore di molti ordini di grandezza rispetto al costo totale). Le perdite di zucchero, pur non rappresentando un contributo significativo, sono state considerate ai fini dell'analisi. Il materiale con il costo maggiore è invece il concentrato. Si tratta infatti di una materia prima dal valore molto elevato.

Per ciascun codice prodotto nei vari plant si è quindi analizzata la bill of materials (BOM), ricavando così la tipologia e la quantità di materie prime utilizzate per ciascuna unità di prodotto finito. Successivamente, grazie alle estrazioni in SAP è stato possibile associare un costo a ciascuna RM, in [€/Kg] oppure [€/l]. L'ultimo passaggio è la quantificazione di perdita per ciascuna materia prima. Si tratta ovviamente di una quantità aleatoria, che tuttavia non presenta un livello eccessivo di variabilità. Il valore da utilizzare è stato comunicato dagli addetti al continuous improvement, i quali operano in loco sulle linee stesse. Sulla base della perdita espressa in litri di sciroppo, è stato possibile ricavare la quantità equivalente di perdita delle altre RM (concentrato, zucchero e acqua).

Le utilities identificano invece materiali che non convergono nel prodotto finito. Questi esborsi aggiuntivi comprendono i fluidi utilizzati per le sanificazioni, l'energia e l'acqua non purificata impiegata per i risciacqui. Questi contributi non erano inizialmente previsti dal tool, ma la loro aggiunta avrebbe permesso un calcolo più preciso. Tuttavia, una prima difficoltà è stata incontrata nel calcolo della quantità di acqua e energia elettrica necessaria alla singola operazione di C/O. In azienda non sono presenti misurazioni con un tale livello di dettaglio (i.e. non è possibile ricondurre il consumo globale e non differenziato al livello di una attività di C/O).

Per quanto riguarda i fluidi per il *CIP*, invece, è stata effettuata una misurazione ad hoc volta ad individuare la quantità di fluido aggressivo utilizzata nelle operazioni di sanificazione. Al momento del primo *CIP* (fluido aggressivo), sono state misurate le quantità di chemicals presenti prima e dopo le operazioni di sanificazione (il fluido infatti non viene scartato completamente, in quanto una certa percentuale può essere riutilizzata). Questo ha permesso di associare un costo utilities ad una porzione dei *CIP*. Non è stata tenuta traccia della quantità di fluido non aggressivo scartata in fase di sanificazione, in quanto i costi associati sono minimi.

## 5.7 Altri dati

Si analizzano ora i rimanenti dati necessari al calcolo. La domanda di prodotto finito era stata inserita precedentemente nel tool per il PC stesso. Allo stesso modo, erano già disponibili i dati sul COGS. È stato necessario aggiungere solamente il WACC (costo medio del capitale per l'azienda).

## 5.8 Annual Holding Cost

L'holding cost quantifica il costo semestrale di mantenimento a stock di un singolo SKU del codice  $c$ . Viene espresso in  $[\text{€}/(6 \text{ mesi} * \text{PHC})]$ . Ovviamente, il costo deve essere diversificato a seconda dello stabilimento oggetto di analisi.

In azienda era stato calcolato il costo mensile di un singolo posto pallet nei vari plant. Utilizzando i dati sulla palletizzazione, è stato possibile convertire il valore nell'unità di misura richiesta (i.e. *PHC*). Oltre al costo di mantenimento a magazzino, è stato quantificato anche quello di movimentazione del pallet. In particolare è stato distinto l'esborso per la movimentazione di entrata (*in*) e uscita (*out*). Il valore, espresso in

[€/pp], è stato convertito nel formato corretto. Si ottiene quindi un Holding Cost  $HC$  totale che contempla, per ogni  $PHC$ , il costo (singolo) di entrata, il mantenimento a stock e il costo (singolo) di uscita dal magazzino.

## 5.9 Calcolo EBQ

I dati finora raccolti sono funzionali al calcolo della Economic Batch Quantity  $EBQ$ . La formula utilizzata è quella tradizionale:

$$EBQ = \sqrt{\frac{2 * D * C_{c/o}}{HC + COGS * WAAC}}$$

Ovviamente tutti i valori sono relativi ad un singolo codice  $c$ . In linea con i dati sinora raccolti, è stato utilizzato un intervallo semestrale. È stata quindi calcolata una  $EBQ$  relativa al periodo di alta stagione (aprile-settembre 2014). Un valore alternativo relativo alla bassa stagione potrà essere ricavato successivamente. L'unico input da modificare, in questo caso, sarebbe la domanda. Tutti gli altri valori rimangono infatti invariati rispetto alla stagionalità.

Esistono delle ipotesi alla base della formula utilizzata per il calcolo dell' $EBQ$ . In generale, esse sono verificate nel business in analisi. Tuttavia, la formula si basa su un valore di domanda costante. Questa assunzione non può essere verificata nel breve periodo. Come già detto, infatti, la domanda è caratterizzata non solo da una marcata stagionalità, ma anche da una considerevole casualità (eg: tempo atmosferico). Per questo motivo, ai fini del calcolo della  $EBQ$  si utilizza la domanda  $D$  su un orizzonte semestrale. Il contributo della casualità è fortemente ridotto, in quanto sul lungo periodo si assiste ad una compensazione dei valori superiori ed inferiori alla media. Inoltre, il calcolo di  $EBQ$  differenti per

la bassa e l'alta stagione consente di eliminare la stagionalità dall'equazione.

Il valore così ottenuto non è allineato col lotto minimo di produzione  $Q_c$ . È necessario arrotondare l'EBQ ottimale per ottenere un multiplo di  $Q_c$ . Il risultato viene sempre arrotondato per eccesso, e si ricava così la Final Batch Quantity  $Q$ .  $Q$  rappresenterà quindi un valore subottimo rispetto all'output della formula di EBQ "preconfezionata". Si ritiene tuttavia che, nonostante si discosti leggermente dal modello, esso sia comunque più rappresentativo della realtà. Viene infatti considerata la necessità di allineamento del risultato con i vincoli produttivi. Inoltre, l'approssimazione in eccesso è supportata dalle considerazioni precedentemente espresse in merito al C/O. Tenendo presente che alcuni fattori che contribuiscono al costo di ciascun C/O sono stati tralasciati (eg: usura macchinari), risulta corretto ipotizzare una dimensione del lotto maggiore di quella effettivamente ottenuta.

## 5.10 Production frequency

L'ipotesi di domanda costante lungo il semestre, precedentemente accettata, viene considerata valida anche per il calcolo della production frequency. Nelle formule presentate successivamente le vendite si considerano uniformemente distribuite lungo tutti i sei mesi esaminati.

A partire dalla Final Batch Quantity, viene calcolato (per ogni prodotto) il valore  $t$  [days], che indica i giorni di copertura della domanda che la quantità  $Q$  è in grado di assicurare.

$$t = (Q / D) * 182 \quad ([PHC/batch]/[PHC/6 months])*[days/6 months]$$

È possibile calcolare allo stesso modo anche il valore di copertura ideale  $t^*$ , ottenuto considerando il valore ottimo EBQ.

$$t^* = (EBQ / D) * 182$$

Ovviamente,  $t^*$  sarà strettamente maggiore di  $t$ .

Entrambi i valori sono stati esplicitati nel tool. Il risultato è stato arrotondato. Un dato che indica frazioni di giorno non sarebbe stato infatti utilizzabile nella realtà operativa. In questo caso si tratta di un arrotondamento all'intero più vicino: eventuali oscillazioni della domanda potranno essere coperte dalla scorta di sicurezza calcolata. Il valore arrotondato di  $t$ , che sarà indicato con  $T$ , rappresenta l'output del tool realizzato. È quindi possibile etichettarlo come frequenza produttiva del codice *PF* ed inserirlo nell'*Inventory stock target simulator tool for PC*. Per completezza,  $T$  è stato convertito anche in working days e weeks.

È stato infine predisposto un confronto di  $T$  con la shelf life del prodotto. Le bevande realizzate in un qualsiasi lotto produttivo dovranno coprire la domanda per il tempo  $T$ , cioè fino al lotto successivo. Se l'intervallo è troppo elevato, il prodotto potrebbe arrivare sul mercato con una vita utile troppo breve. Questo potrebbe comportare il rifiuto della merce da parte del distributore. Si utilizza quindi un valore (indicativo) di permanenza massima in inventario (*MAX, [gg]*), introdotto nel paragrafo 4.4. Se  $T$  risultasse maggiore di *MAX*, sul prodotto verrà posto un flag che specificherà la necessità di aggiustamenti ulteriori del risultato.

## 5.11 Analisi dei risultati

Nella fase di analisi dei risultati ottenuti si deve tenere traccia dell'approssimazione accettata in fase di calcolo del tempo di C/O. Essa si ripercuote sul risultato finale  $T$ .

$$T_{C/O} \rightarrow EBQ \rightarrow T$$

Questa approssimazione permane anche nel caso si scegliesse di ignorare i fattori elencati nel paragrafo 5.4. Il tempo  $T_{C/O}$  è stato infatti calcolato allo scopo di sintetizzare dati diversi e rappresenta necessariamente un valore mediato. Come conseguenza,  $T$  non fornirà il tempo ottimo tra due run consecutive, ma un valore indicativo sul quale costruire. Questa considerazione dovrà essere esplicitata nella documentazione del tool, così che gli utilizzatori finali possano esserne informati.

Non è quindi necessario stravolgere la schedulazione produttiva per rispettare precisamente il tempo trovato. Altre variabili (ie: tecniche, logistiche, ...) dovranno essere considerate prima di determinare un valore definitivo. Il dato ricavato sarà utile per considerazioni di più alto livello, e potrà configurarsi come linea guida generale nello scheduling operativo. Qualora fossero necessarie ulteriori indagini, sarà possibile svolgere un'analisi approfondita dell'andamento del costo totale  $C(T)$  per individuare la sua variazione in funzione del tempo  $T$ .



## 6.0 Sensitivity analysis

L'analisi qui presentata ha come scopo la ricerca di aree di miglioramento sulle quali indirizzare eventuali investimenti. L'obiettivo finale è la riduzione della scorta di prodotto finito. Saranno quindi analizzati i vari fattori che contribuiscono a determinare l'entità della scorta stessa. Per ciascun fattore, si evidenzierà l'impatto sul risultato finale dato da un  $\Delta$  di miglioramento. Le grandezze oggetto di questa analisi sono tre: la forecast accuracy  $FA$ , la daily demand variability  $DDV$  e il lead time  $LT$ . Ciascuna delle variabili appena elencate sarà analizzata separatamente. Si considera quindi l'impatto sul risultato finale dato dalla variazione di una grandezza, supponendo che le rimanenti si mantengano costanti. In questa dissertazione saranno riportate le modalità di analisi, ma, per preservare il segreto industriale, non saranno resi noti dati e risultati.

Per prima cosa è necessario individuare un valore medio per le tre grandezze oggetto dell'analisi. Per ottenerlo, sono stati considerati i risultati finali dei tool. Si è quindi calcolato un valore medio  $FA^*$ ,  $DDV^*$  e  $LT^*$ . Prima di procedere, si richiama il metodo di calcolo della scorta utilizzato dai tool. A partire dai valori  $FA$ ,  $DDV$  e  $LT$ , vengono calcolati dei fattori secondo le seguenti formule:

$$\begin{aligned}FA_f &= (1-FA) / FA \\SL_f &= NORMSINV(sl\%) \\DDV_f &= DDV \\LT_f &= SQRT(\sum lead\ time)\end{aligned}$$

Questi fattori andranno a determinare il risultato finale con un'operazione di moltiplicazione:

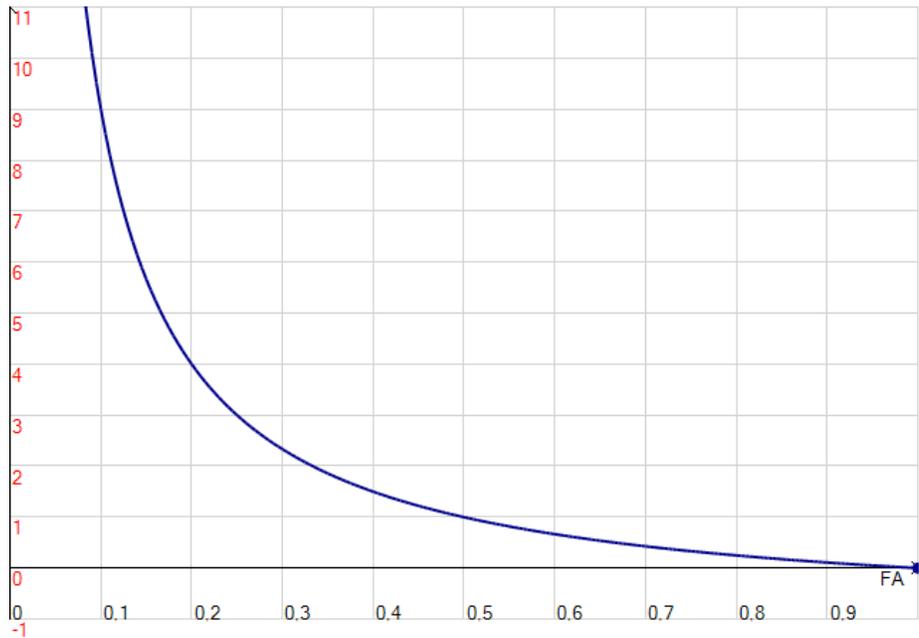
$$SS = (LT_f * FA_f * DDV_f) * SL_f + t_{extra}$$

Gli extra days of inventory  $t_{extra}$  e il livello di servizio  $sl\%$  saranno considerati parametri non modificabili.

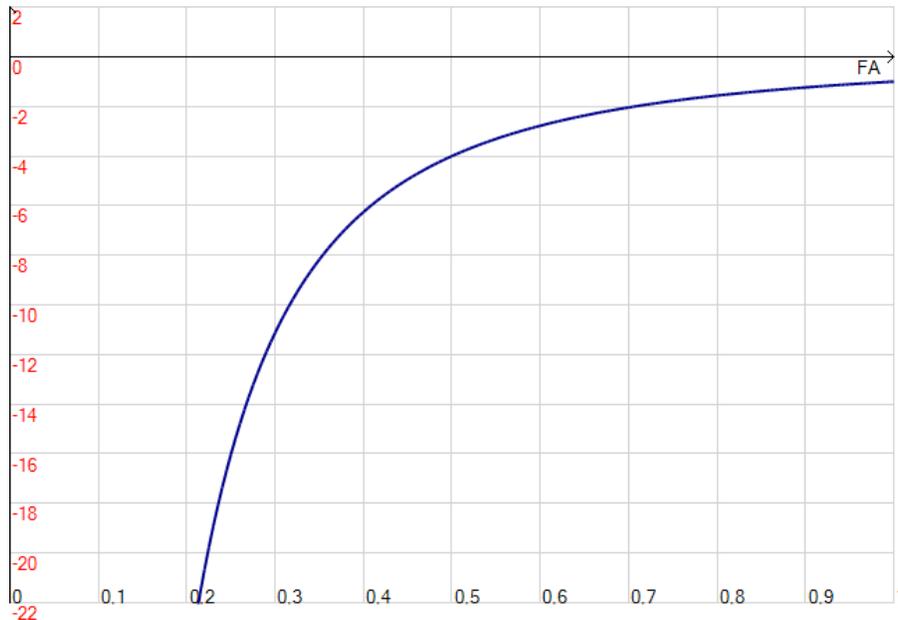
La prima analisi di sensitività è relativa alla  $FA$ .

$$SS = (LT_f * [(1-FA) / FA] * DDV_f) * SL_f + t_{extra}$$

Fissati gli altri fattori, il valore di scorta viene modificato dalla  $FA$  con questo andamento:



Nell'immagine successiva si evidenzia l'andamento della derivata del fattore di  $FA$ . Il miglioramento della  $FA$  corrisponde ad uno spostamento verso un valore più elevato.



È facile notare come un calo nell'accuratezza del forecast possa avere un impatto considerevole sul risultato finale. Il fattore  $FA$  tende infatti a  $\infty$  quando l'accuratezza si avvicina allo 0. La formula utilizzata non è quindi valida quando non è possibile raggiungere un forecast realistico. Potrebbe essere opportuno fissare un valore minimo di accuracy  $FA_{min}$ . Nel caso un codice presentasse una performance peggiore di questo valore di soglia, il risultato sarebbe troppo pessimistico. Si assegna quindi a  $FA_f$  un valore predefinito, che rispecchi i problemi in fase di forecast. Ad esempio, si potrebbe fissare  $FA_{min} = 0.2$ . Questo valore corrisponde ad un  $FA_f = 4$  (la scorta viene quadruplicata). Un incremento tale nella  $SS$  è sicuramente sufficiente a fronteggiare qualsiasi errore del forecast.

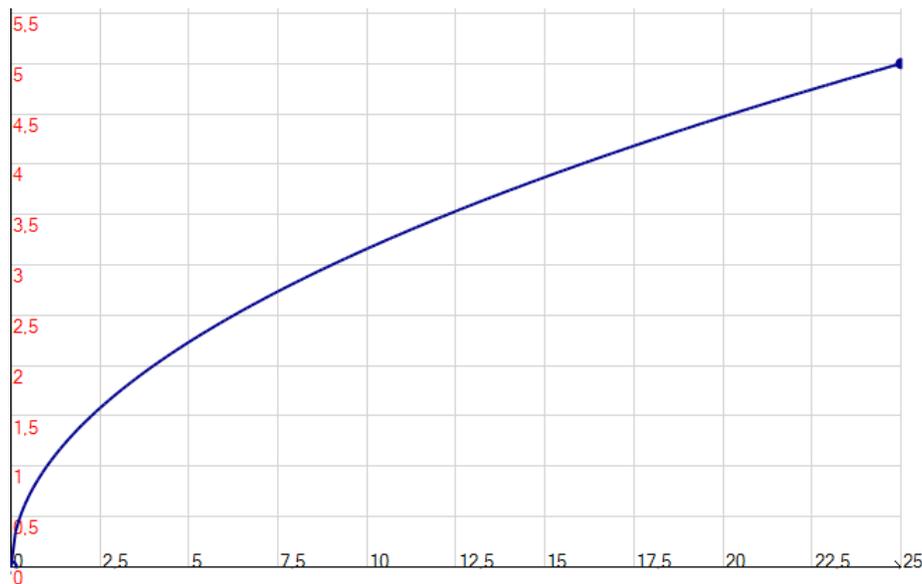
La stessa analisi è ora ripetuta per la *DDV*.

$$SS = ( LT_f * FA_f * DDV ) * SL_f + t_{extra}$$

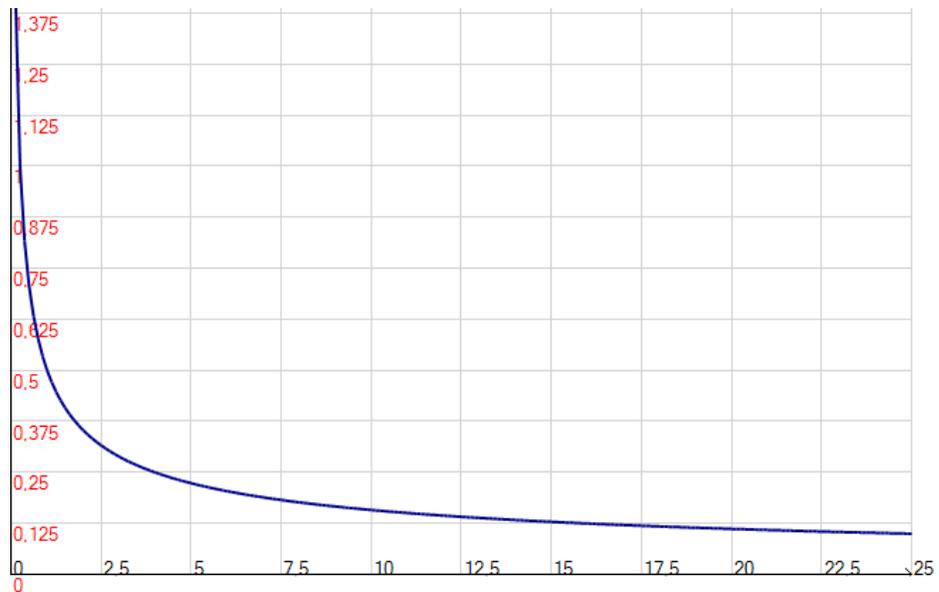
In questo caso lo studio della derivata risulta superfluo. Il fattore di *DDV* cresce infatti linearmente con l'aumentare della *DDV* stessa. Questo determina una derivata costante di valore pari ad 1. Supponiamo quindi un certo miglioramento  $\Delta$  della *DDV*. Data la derivata costante, investire per portare la *DDV* da  $x$  a  $x-\Delta$  ha lo stesso impatto sul risultato finale qualunque sia  $x$ .

Infine, si analizza il lead time  $LT_f$ .

$$SS = ( \sqrt{\sum lead\ time} ) * FA_f * DDV_f ) * SL_f + t_{extra}$$



Risulta evidente che un miglioramento, anche significativo, del lead time non ha un impatto rilevante sul risultato finale. Il fattore  $LT_f$ , infatti, decresce lentamente (si veda la derivata nella prossima figura).



Sarebbe quindi opportuno investire in una riduzione del lead time solamente se questa permettesse di ottenere un tempo totale molto ridotto. In corrispondenza di valori bassi, infatti, il fattore decresce notevolmente.

<i>ENTITÀ</i>			
<i>INVESTIMENTO</i>	<i>DDV*</i>	<i>FA*</i>	<i>LT*</i>
<i>Ridotto</i>	Investire	-	-
<i>Modesto</i>	Investire	Investire	-
<i>Elevato</i>	-	Investire	-

**Figure 9**

**Nel caso di investimento modesto, è necessario scegliere solo una delle 2 aree di miglioramento. È più vantaggioso convogliare tutte le risorse nella *DDV* che suddividere l'investimento.**

Sono stati quindi analizzati i valori medi  $FA^*$ ,  $DDV^*$  e  $LT^*$ .  $FA^*$  si posiziona in corrispondenza di un valore di derivata ridotto. Un miglioramento di  $FA_f$  avrebbe quindi influenza minima sul risultato finale. Anche  $LT^*$  si posiziona in corrispondenza di una derivata molto minore di 1. Teoricamente, converrebbe quindi puntare a una riduzione del valore  $DDV^*$ , ottenendo così un incremento lineare rispetto all'entità dell'azione migliorativa (la derivata è sempre pari ad 1).

Investire nel  $LT^*$  è generalmente sconsigliato, a meno che non si possa ridurre considerevolmente il lead time. L'investimento, infatti, risulta meno conveniente rispetto alla  $DDV^*$  (la derivata rimane minore di 1). Al contrario, se fosse possibile migliorare significativamente la  $FA^*$  (innalzando il valore di circa il 15-20%) l'investimento sarebbe maggiormente redditizio rispetto alla  $DDV^*$ .

## Allegato 1

### Classificazione ABC dei prodotti

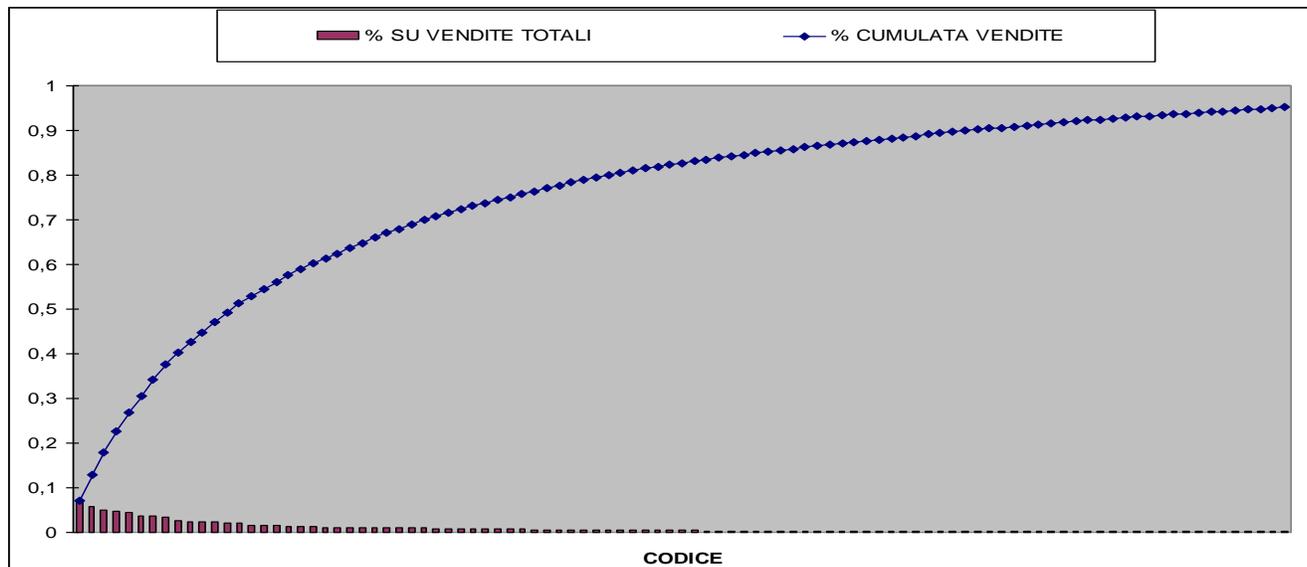
Un obiettivo secondario del progetto è la classificazione dei codici attraverso la regola di Pareto. Sono state proposte due alternative. Nel primo caso sono stati utilizzati i volumi totali a livello nazionale. In questo modo è possibile ottenere un risultato globale valido in qualsiasi location. Nel secondo caso, è stata proposta una classificazione che utilizza i dati locali (relativi al singolo DC/PC). Tuttavia, mediante questo approccio, uno stesso codice può ottenere una diversa classificazione in location differenti; ciò renderebbe difficile la gestione integrata al livello più alto della filiera (cioè il plant produttivo).

Come unità di misura delle vendite è stata utilizzata la cassa unitaria *UC*, cioè una cassa equivalente basata sul litraggio di bevanda. Questa unità di misura consente di comparare i vari prodotti. Se si fosse utilizzata l'unità di misura tradizionale, cioè la cassa fisica *PHC*, si sarebbe introdotto un errore. Infatti le SKU dei codici variano enormemente. Una *PHC* può indicare 4 bottiglie da 0,5 litri, così come 24 bottiglie da 2 litri, oppure 318 bottiglie da 1,75 litri. Al contrario, le *UC* rappresentano una misura unificata che rende valide le operazioni di confronto.

Nell'intervallo analizzato, alcuni prodotti hanno subito un cambio codice. Esistono infatti prodotti che hanno realizzato un certo volume  $V'$  con il vecchio identificativo. In seguito al cambio, sono state realizzate ulteriori  $V''$  vendite. Se la classificazione avvenisse sulla base della sola  $V''$ , l'importanza del prodotto sarebbe sottostimata. È stata quindi ricavata la vendita totale  $V$ .

La prima classificazione elaborata esamina le vendite aggregate su tutto il territorio italiano. Per l'analisi viene utilizzato un intervallo temporale esteso, pari ad un anno. Le classi sono state determinate in modo da ritrovare il rapporto 80% - 20% descritto da Pareto. Il risultato finale presenta indicativamente le stesse proporzioni riportate nella tabella sottostante (compilata con valori fittizi):

CLASS	# SKU	SALES	%SALES	% SKU	MAX SALES	MIN SALES
A	10	100000	0,80	0,20	100	50
B	20	20000	0,15	0,25	48	10
C	40	6000	0,05	0,55	10	1
TOT	70	126000	1,00	1,00		



**Figure 10**

**Rappresentazione grafica dell'entità delle vendite. Allo scopo di garantire la leggibilità, è stata riportata solamente una porzione dei codici; i prodotti di classe C con vendite molto contenute non sono rappresentati. Si ricorda che questo grafico non rispecchia le percentuali riportate nella tabella sovrastante. Come già detto, essa contiene valori fittizi, che mostrano esclusivamente le proporzioni.**

Un' alternativa a questo metodo è stata proposta nel caso fosse necessario differenziare la classificazione a seconda del DC/PC analizzato. Si può utilizzare una cross analysis, sfruttando una matrice incrociata. Si renderebbe così possibile una maggiore diversificazione delle tipologie di codici, grazie alla classificazione su due livelli. In questo modo ciascun articolo verrebbe descritto da due classi, permettendo una gestione mirata delle criticità di ciascun cluster.

Il dato aggregato sulle vendite può determinare il primo livello di clusterizzazione. Per il secondo livello di classificazione sono potenzialmente utilizzabili sia il cost of goods sold *COGS* sia l'holding cost *HC* (entrambi variabili a seconda della location considerata). Si può ricavare un totale, ottenendo un costo complessivo per *UC* a scorta. A

questo punto si moltiplica questo costo totale per il livello di inventario medio  $G_m$  (relativo alla singola location). È così possibile ottenere una valorizzazione  $C_g$  dell'immobilizzazione che la scorta media rappresenta:

$$C_g = (COGS + HC) * G_m$$

Come previsto, l'approccio poteva generare una complessità difficile da gestire. Tutte le analisi basate sulla classificazione di Pareto si sarebbero scontrate con dei cluster ambigui. Sarebbe stato quindi complesso arrivare a risultati significativi, soprattutto per analisi a livello nazionale. Per questo motivo, la metodologia non è stata utilizzata.

## Allegato 2

### Sviluppi

Il calcolo dei production cycles ottimali utilizzato nei tool si basa sull'ipotesi di una capacità infinita della linea. In un contesto reale, può avvenire che l'utilizzo delle risorse non permetta di produrre con la frequenza prevista. Il problema può essere analizzato con il seguente framework. Si ipotizza che l'output del *Product cycles tool* abbia reso possibile la definizione di una sequenza produttiva fissa da mantenere lungo tutto un semestre. All'interno di ciascun ciclo sarà prodotta una quantità  $Q_c$  di ciascun codice.

Saranno necessari i seguenti dati, che dovranno essere valorizzati per ciascun codice  $c$  prodotto sulla linea  $l$ :

- $T_{pc}$  tempo per produrre la quantità  $Q_c$  del codice  $c$  sulla linea  $l$
- $T_{cc}$  tempo per consumare la quantità  $Q_c$  del codice  $c$

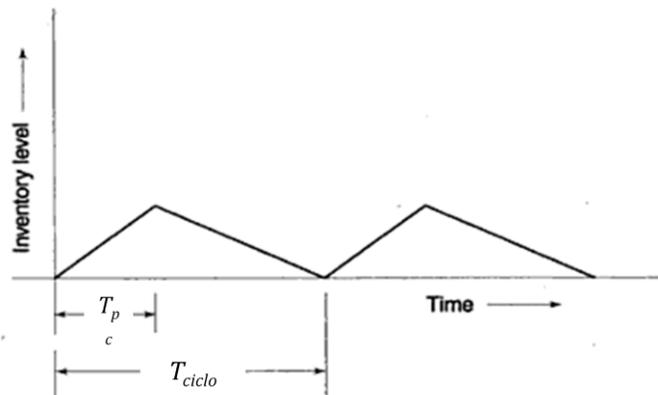
Per calcolare queste quantità, sono necessari il rateo di produzione  $P_c$  e il rateo di consumo  $R_c$ . Questi valori si possono ottenere calcolando la media di domanda e produzione su un intervallo opportuno. Ricavati i ratei, si possono calcolare i tempi come segue:

$$T_{pc} = Q_c / P_c$$

$$T_{cc} = Q_c / R_c$$

La linea produce, in sequenza, la quantità  $Q_c$  di ciascun codice  $c$ . Tra due run dello stesso articolo trascorre quindi un "tempo ciclo"  $T_{ciclo}$ . Per

rispondere alla domanda, il lotto  $Q_c$  dovrà essere sufficiente a coprire il consumo per tutto il tempo ciclo.



**Figure 11**

**Ciascun codice  $c$  è prodotto per un tempo  $T_{p c}$ . Il consumo del prodotto avviene sia durante il tempo  $T_{ciclo} - T_{p c}$  sia durante la produzione (cioè durante  $T_{p c}$ ).**

Il  $T_{ciclo}$  della linea sarà dato da due valori: i tempi dedicati alla produzione vera e propria e i tempi necessari per i C/O intermedi.

$$T_{ciclo} = \sum_{(c \text{ te } c \text{ prodotto sulla linea } l)} (T_{p c} + T_{c/o c})$$

Si verifica ora la seguente disuguaglianza. Per ciascun codice  $c$  si effettua il controllo:

$$T_{c c} \leq T_{ciclo}$$

Se la disuguaglianza non è rispettata per un codice  $c$ , significa che la quantità  $Q_c$  non è sufficiente per coprire il  $T_{ciclo}$ . Ciò avviene perchè  $P_c$

risulta limitato. Questo determina la necessità di impiegare le risorse per il tempo  $T_{p c}$  per ogni codice. Si determina quindi un tempo  $T_{ciclo}$  che, potenzialmente, può risultare eccessivamente elevato.

Se la disuguaglianza non viene rispettata, si deve intervenire sulla quantità  $Q_c$  calcolata. È necessario un incremento di  $Q_c$ , per coprire tutta la domanda durante  $T_{ciclo}$ . Tuttavia, agire su  $Q_c$  determina un aumento di  $T_{p c}$  e il conseguente incremento di  $T_{ciclo}$ . È quindi possibile che, a seguito di queste modifiche, altri codici non rispettino l'uguaglianza sopra indicata. L'entità dell'intervento su  $Q_c$  dovrà essere determinata opportunamente.

## **Allegato 2**

### **Numero ottimale di cicli**

Il modello qui proposto ha lo scopo di individuare il numero ottimale di cicli di produzione. Il lotto ottimale  $Q_c$  sarà determinato di conseguenza. Diversamente dai tool, il calcolo di  $Q_c$  non avviene per singolo codice. Il numero  $N$  di cicli di produzione sarà determinato da considerazioni di tipo economico.  $N$  consente quindi di minimizzare il costo totale.

Si considera un orizzonte semestrale. Poichè tutta la produzione sarà distribuita tra i cicli, la domanda totale del prodotto sarà divisa per il numero di cicli ottenuti. Questo comporta la necessità di attenersi rigorosamente alla stessa sequenza produttiva. Se un codice venisse escluso dalla sequenza, anche per un solo ciclo, la domanda totale non sarebbe rispettata. Il lotto  $Q_c$  ottenuto al termine di questi calcoli sarà sufficiente a coprire la normale domanda  $D$ . In aggiunta, sarà opportuno mantenere in magazzino una certa  $SS$  per far fronte all'extra domanda. L'entità di questa scorta può essere calcolata utilizzando il nuovo  $Q_c$  come input dei tool. Si sottolinea che, applicando questo approccio, sarà

necessario attendere la conclusione del ciclo anche nel caso in cui la scorta non fosse sufficiente. L'azienda potrebbe introdurre orario straordinario, ma, se la flessibilità dello staffing rispondesse sistematicamente alle variazioni della domanda, il metodo risulterebbe inefficace.

Con questi presupposti, si introducono le seguenti grandezze, utili per il calcolo. Si definiscono:

$C$  numero di codici prodotti

$N$  numero di cicli

$R_c$  rateo di consumo

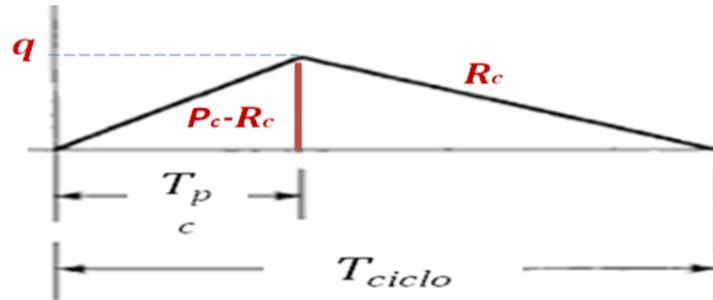
$P_c$  rateo di produzione

$HC$  holding cost, calcolato per una singola cassa

L'obiettivo è la minimizzazione del costo totale  $C_{tot}$ . Questa grandezza è determinata da due elementi: costo per i C/O e costo per il mantenimento a scorta. Per calcolare il costo totale per i C/O, si ricorda che nell'orizzonte considerato saranno realizzati  $N$  cicli. In ciascuno di questi sarà necessario effettuare un C/O alla conclusione della produzione di ogni codice  $c$ . Si ricava il costo totale per i C/O come:

$$N * \sum_c C_{C/O}$$

Il costo dell'inventario viene stimato considerando il valore medio della giacenza di ciascun prodotto. Si analizza quindi un singolo ciclo produttivo. Durante ciascun ciclo si ha una scorta che cresce con velocità pari al rateo di produzione  $P_c$ . Al contempo, il prodotto verrà consumato. Si assiste quindi a un calo dello stock con velocità pari al rateo di consumo  $R_c$  (ovviamente  $P_c \gg R_c$ ). L'andamento della scorta sarà quindi:



Si suppone quindi che il livello medio di scorta durante il periodo esaminato ( $T_{ciclo}$ ) sia pari alla metà della quantità  $q$  in figura.

$$\text{Picco inventario: } q = T_{p_c} * (P_c - R_c)$$

$$\text{Dove } T_{p_c} = Q_c / P_c$$

$$\text{Poiché } Q_c = D / N$$

Si può calcolare la giacenza media come:

$$\frac{1}{2} q = \frac{1}{2} Q_c * (P_c - R_c) / P_c = (D/N) * (P_c - R_c) / P_c$$

Il costo dell'inventario sarà quindi:

$$N * \sum_c \frac{1}{2} * (D/N) * (P_c - R_c) / P_c * HC$$

Il costo totale  $C_{tot}$  sarà pari al costo dell'inventario appena calcolato sommato al costo dei C/O. Ottenuto  $C_{tot}$ , si ricava valore di  $N$  che minimizza la funzione, imponendo la derivata pari a zero.

$$x = \frac{\sum_c^C HC * D * [(P_c - R_c)/P_c]}{2 \sum_c^C C_{C/O}}$$

$$N = \sqrt{x}$$

Si ricava così il lotto  $Q_c$  desiderato.

$$Q_c = D / N$$

Tuttavia, è opportuno puntualizzare che questo approccio teorico dovrebbe essere adattato al caso particolare rappresentato da *Coca Cola HBC*. Nel business analizzato i tempi  $T_{p_c}$  sono relativamente contenuti. Per questo motivo, l'influenza del consumo  $R_c$  in fase di produzione non è significativa. A scopo semplificativo, si può quindi imporre:

$$Q = q$$

Ottenendo così un costo dell'inventario:

$$N * \sum_i \frac{1}{2} * (D/N) * HC$$

Di conseguenza, il valore ottimo di  $N$  sarebbe calcolato a partire da:

$$x = \frac{\sum_c^C HC * D}{2 \sum_c^C C_{C/O}}$$





## Bibliografia

1. Operations Management and Productivity Techniques By T. T. KACHWALA, P. .N. MUKHERJEE ;  
[http://books.google.it/books?id=Qg0LK76e404C&pg=PA170&lp\\_g=PA170&dq=economic+batch+quantity&source=bl&ots=79CC TD5qcT&sig=qim-J8oT8TT-zNnmwxxZvCLp1sI&hl=en&sa=X&ei=48UaVMS7MMS3O7nLgaAC&ved=0CDYQ6AEwAzgK#v=onepage&q=economic%20batch%20quantity&f=false](http://books.google.it/books?id=Qg0LK76e404C&pg=PA170&lp_g=PA170&dq=economic+batch+quantity&source=bl&ots=79CC TD5qcT&sig=qim-J8oT8TT-zNnmwxxZvCLp1sI&hl=en&sa=X&ei=48UaVMS7MMS3O7nLgaAC&ved=0CDYQ6AEwAzgK#v=onepage&q=economic%20batch%20quantity&f=false)
2. Theory and Problems in Production and Operations Management By S. N. Chary;  
[http://books.google.it/books?id=FVet6XRXqfoC&pg=PA173&dq=ebq&hl=en&sa=X&ei=4cYaVIyXMMSeO\\_mmgcgH&ved=0CCAQ6AEwAA#v=onepage&q=ebq&f=false](http://books.google.it/books?id=FVet6XRXqfoC&pg=PA173&dq=ebq&hl=en&sa=X&ei=4cYaVIyXMMSeO_mmgcgH&ved=0CCAQ6AEwAA#v=onepage&q=ebq&f=false)
3. beverfood.com  
<http://www.beverfood.com/documenti/il-quadro-competitivo-italiano-nel-settore-delle-bibite-in-italia/>
4. Brand valuation (Eurobrand, 2014)  
<http://www.eurobrand.cc/studien-rankings/eurobrand-2014/>
5. <http://books.google.it/books?id=gDAnfKZvWX4C&pg=SA21-PA11&dq=economic+batch+quantity+joint+run&hl=en&sa=X&ei=FV5OVO3RNMboaNf7grgD&ved=0CCAQ6AEwAA#v=onepage&q=economic%20batch%20quantity%20joint%20run&f=false>