

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in
Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

La gestione dei fornitori lungo la Supply Chain.
Applicazione del DDMRP.



Relatore

Prof. Carlo Rafele

Candidata

Adelia De Santo

Anno Accademico 2018/2019

Sommario

1. Introduzione.....	4
2. Il <i>Supply Chain Management</i>	6
2.1 Il concetto di <i>Supply Chain</i>	6
2.2 Dalla Logistica al <i>Supply Chain Management</i>	7
3. Pianificazione e gestione delle scorte.....	11
3.1 Il <i>Material Requirements Planning</i>	11
3.1.1 Il fenomeno del nervosismo	13
3.1.2 L'effetto <i>Bullwhip</i>	14
4. Il Demand Driven Material Requirements Planning.....	17
5. Applicazione del DDMRP: il caso Dayco.....	21
5.1 Il contesto aziendale	21
5.2 Analisi della <i>supply chain</i> della Dayco Ivrea	23
5.2.1 I Clienti	23
5.2.2 Fornitori	23
5.2.3 I Prodotti	25
5.3 Classificazione ABC.....	27
5.4 Applicazione del metodo	29
5.4.1 Inventory Positioning.....	30
5.4.2 <i>Buffer profiles and levels</i>	44
5.4.3 <i>Dynamic Adjustments</i>	54
5.4.4 <i>Demand Driven Planning</i>	58
5.4.5 <i>Demand Driven Execution</i>	63
5.4.6 Simulazione del Demand Driven Planning and Execution in Dayco	65
5.5 L'attuale gestione dei fornitori: il <i>Material Requirements Planning</i> in Dayco.....	80
5.6 Confronto tra le metodologie e analisi dei risultati	84
5.7 Analisi critica dell'implementazione del DDMRP	89
6. Conclusioni.....	90
7. Indice delle figure.....	92

8. Indice delle tabelle.....	94
9. Bibliografia.....	95
10. Sitografia.....	96

1. Introduzione

Il moderno ambiente manifatturiero è caratterizzato da una crescente competitività e complessità dei bisogni e delle richieste dei clienti, che sono alla base della spinta al miglioramento continuo dei processi cui le aziende oggi sono sempre più attente. Gli accorgimenti presi in questa direzione sono molteplici, tra essi ad esempio la ricerca continua di nuove tecnologie di produzione, l'utilizzo di sistemi informativi sempre più moderni e aggiornati, e molti altri strumenti adottati per semplificare le attività all'interno di un'organizzazione.

Tuttavia, oggi il mondo manifatturiero non è più composto da singole imprese, la creazione di mercati globali sia da un punto di vista dell'estensione geografica sia della tipologia di prodotti richiesti, hanno permesso la nascita di vere e proprie reti di imprese, tra le quali esiste un flusso di informazioni e di materiali. La sempre maggiore estensione e la complessità che caratterizzano oggi le catene di approvvigionamento hanno reso necessaria la nascita di strumenti di gestione delle stesse. L'efficienza e l'efficacia di ciascuna catena di approvvigionamento dipende dalle metodologie utilizzate per favorire gli scambi tra le imprese, che hanno di conseguenza assunto la massima centralità negli ambienti produttivi moderni.

I fattori che condizionano il successo di una catena di approvvigionamento sono molteplici, tra essi si è scelto di concentrare il presente lavoro di tesi sulla gestione dei fornitori e sul tema della pianificazione dei fabbisogni produttivi, la cui complessità ha portato oggi allo sviluppo di numerose metodologie di supporto, definite in generale come *Manufacturing Planning and Control Systems*. In particolare, lo studio di tali sistemi e, in special modo, quello relativo al *Material Requirements Planning* (MRP), è stato finalizzato ad evidenziare i punti di forza e di debolezza degli stessi, per poi concentrare l'attenzione sul DDMRP, una nuova metodologia che ha l'ambizione di superare i limiti delle precedenti.

Il DDMRP è un metodo di pianificazione ed esecuzione che trova le sue radici nelle logiche tradizionali del MRP, integrate con alcuni elementi derivanti dalla *Lean Production* e della *Theory of Constraints*, grazie all'introduzione di alcune rilevanti novità, finalizzate al miglior soddisfacimento dell'effettiva domanda del cliente. Numerosi studi hanno permesso di evidenziare i benefici derivanti dall'applicazione del DDMRP che hanno avuto un impatto rilevante sulle performance finanziarie delle imprese e un aumento del vantaggio competitivo.

Nel presente lavoro è stato sviluppato un caso di studio realizzato all'interno della realtà industriale della Dayco Europe, leader mondiale nella produzione di prodotti destinati al mercato *automotive*, al fine di approfondire l'analisi dell'emergente metodologia servendosi di un esempio pratico e concreto, attraverso il quale è possibile comprendere a fondo i diversi aspetti che caratterizzano il metodo. Il funzionamento del sistema di pianificazione e di esecuzione è stato simulato al fine di valutarne le performance. I risultati della simulazione sono stati poi confrontati con quelli che emergono invece dall'utilizzo del MRP, così da evidenziare al meglio le trasformazioni derivanti dall'applicazione del metodo sul contesto organizzativo, i benefici e le criticità che emergono nello sviluppo e valutarne applicabilità, criticità, e vantaggi.

2. Il *Supply Chain Management*

Dal 1960 a oggi l'ambiente produttivo è stato interessato da profondi mutamenti. Agli inizi degli anni '60, infatti, la competizione era basata sui costi e sulla produzione di scala ma già dai primi anni '80 il mercato è cambiato significativamente concentrandosi su tempi e qualità, divenuti la principale fonte di vantaggio competitivo. Si è passati da un contesto orientato alla massimizzazione dell'efficienza produttiva, ad una produzione di tipo *customer oriented* con la crescente necessità di sviluppare prodotti costruiti sulle esigenze di clienti differenti, ma anche di rispondere in tempi sempre più brevi con puntualità e precisione.

La crescente globalizzazione e l'enorme sviluppo tecnologico che hanno caratterizzato l'ultimo ventennio, hanno creato una forte spinta allo sviluppo di mercati su scala mondiale. L'espansione che ha dapprima coinvolto gradi multinazionali, caratterizza oggi anche molte piccole e medie imprese. Questo nuovo ambiente competitivo, sempre più dinamico e complesso, ha portato le aziende a specializzarsi su un ristretto numero di attività esternalizzandone molte altre. La forte de-verticalizzazione del processo produttivo, unita alla crescente complessità delle caratteristiche del prodotto e del *know-how* richiesto, ha reso impossibile l'accentramento di tutte le attività, dalla progettazione alla vendita, in un'unica realtà industriale. Oggi un'azienda per essere in grado di fornire un prodotto di valore al cliente deve creare molteplici relazioni con i propri fornitori. Si sviluppa così una rete che coinvolge diverse entità ciascuna delle quali specializzata nella realizzazione di una determinata tipologia di attività e in grado di conferire valore al prodotto finale, nascono dunque le reti logistiche o *supply chain*.

2.1 Il concetto di *Supply Chain*

Una *supply chain* può essere definita come “un insieme di tre o più entità, organizzazioni o individui, direttamente coinvolte nel flusso dei prodotti da monte a valle, nei servizi, nelle attività finanziarie e nel flusso d'informazioni, dal fornitore al consumatore”.

Essa dunque nasce nel momento in cui due o più aziende intraprendono un rapporto stabile per la realizzazione di un prodotto, e consta di tutte le attività ed entità necessarie a realizzarne l'intero ciclo di vita, dalla produzione alla vendita di un prodotto al cliente, fino talvolta alla restituzione dello stesso.



Figura 1: Elementi che compongono una catena di fornitura

Il valore per le aziende che entrano a far parte di una *supply chain* tuttavia non risiede nel solo coinvolgimento all'interno della stessa, quanto più nella possibilità di lavorare in modo coordinato, nel guardare alla catena di fornitura come a un sistema unico da gestire nella sua interezza e con l'obiettivo comune di rispondere al meglio ai bisogni del cliente.

Una *supply chain* può essere più o meno complessa in funzione del numero di entità che vi entrano a far parte e della loro distribuzione sul territorio. In ogni caso però risulta evidente come la gestione di una rete di collegamenti tra molteplici soggetti aventi *vision* e *mission* differenti e, in alcuni casi, tra loro conflittuali possa essere di notevole complessità. Di qui la nascita di una vera e propria disciplina e di una serie di metodologie dedicate alla gestione della *supply chain* nella sua totalità.

2.2 Dalla Logistica al *Supply Chain Management*

Il concetto di logistica nasce in ambito militare, contesto in cui la capacità di organizzare gli spostamenti delle truppe e i rifornimenti in modo efficiente determinava la vittoria o la sconfitta in battaglia. Nel corso del tempo il termine è stato poi utilizzando con riferimento ai più svariati ambiti e in particolare a quello industriale e molteplici sono le definizioni che di essa sono state date. Secondo il *Council of Logistic Management*: “La logistica è il processo di pianificazione, implementazione e controllo dell'efficiente ed efficace flusso e stoccaggio di materie prime, semilavorati e prodotti finiti e delle relative informazioni, dal punto di origine al punto di consumo con lo scopo di soddisfare le esigenze dei clienti”.

Riprendendo la definizione di *supply chain* data nel paragrafo precedente, o qualsiasi definizione che si abbia a disposizione, appare evidente che parlare di catena di fornitura implica fare riferimento a un flusso di beni e informazioni, e altrettanto immediato è quindi il

collegamento tra questo flusso e il concetto di logistica. Quest'ultima non è quindi il semplice trasporto delle merci, ma coinvolge una serie di attività ben più ampie, come ad esempio la gestione degli ordini ai fornitori e da parte dei clienti o la gestione dei resi, tutte necessarie al corretto funzionamento di una qualsiasi rete di fornitura.

Pur mantenendo alcuni tratti distintivi, il concetto di logistica è cambiato nel corso del tempo adattandosi ai crescenti bisogni dell'ambiente industriale. In particolare, ciò che si è evoluto è il ruolo che essa assume all'interno dell'entità azienda, all'inizio puramente operativo ma oggi sempre più strategico. Nel suo stadio iniziale, infatti, la logistica era identificata semplicemente con l'insieme di attività necessarie alla gestione operativa dei magazzini e dei trasporti, assumendo quindi un ruolo puramente esecutivo. Tra gli anni '80 e '90, l'apertura di nuovi mercati e l'allargamento degli orizzonti geografici, hanno fatto nascere nelle aziende la necessità di rivestire la logistica di un ruolo non più esclusivamente operativo ma esteso ai diversi livelli e attori della filiera distributiva nasce così in questi anni la Funzione Logistica, che include competenze multidisciplinari.

In questi stessi anni, la spinta alla globalizzazione e l'enorme sviluppo tecnologico hanno portato all'implementazione dei primi sistemi ERP (*Enterprise Resource Planning*) e ad una massiva alla re-ingegnerizzazione delle attività di business. È nata inoltre la necessità di passare da una logica organizzativa e gestionale, incentrata su una ripartizione funzionale delle attività, ad una basata sull'identificazione di processi inter-funzionali. In questi anni si afferma dunque il concetto di logistica non più intesa solo come processo operativo ed esecutivo, bensì come progettazione strategica di un sistema unico ma al contempo costituito da un insieme complesso d'infrastrutture, attrezzature e persone che consentono il flusso di beni e informazioni dal fornitore al produttore fino ad arrivare al cliente finale.

In parallelo a questo sviluppo della logistica, agli inizi degli anni '80, si inizia a sentir parlare per la prima volta di un concetto nuovo, quello di *Supply Chain Management* (SCM). Il termine fu usato per la prima volta dagli studiosi Oliver e Webber nel 1982 che lo definirono come una tecnica di riduzione delle scorte in aziende che facevano parte della stessa filiera; si diffuse poi rapidamente grazie ai molteplici stimoli e bisogni che stavano emergendo nello scenario produttivo caratterizzato da una forte concorrenza che, insieme ai rapidi cambiamenti tecnologici, aumentava la variabilità della *supply chain* evidenziando la necessità di una crescente flessibilità di quest'ultima. La gestione della *supply chain* ha assunto dunque enorme

rilevanza ed è ancora oggi uno dei temi principali in ambito produttivo essendo, infatti, anche una delle principali fonti di vantaggio competitivo per un'azienda. Nonostante il *supply chain management* sia stato quindi protagonista della ricerca dell'ultimo ventennio, non esiste una definizione unica di tale concetto, tuttavia è possibile identificare delle caratteristiche che in qualche modo lo determinano. La letteratura evidenzia, infatti, come esso sia innanzitutto caratterizzato dall'idea di gestione integrata di attività: la gestione efficiente delle reti logistiche richiede l'integrazione di tutti i processi dall'approvvigionamento, alla produzione fino alla distribuzione lungo tutta la catena. Un ulteriore aspetto fondamentale è rappresentato dalla necessità di coordinamento di tre flussi differenti: un flusso di materiali, da materie prime a prodotti finiti, un flusso finanziario, e un flusso di informazioni. Senza dubbio comunque l'obiettivo finale del *supply chain management* è il miglioramento della catena di fornitura al fine di aumentarne il vantaggio competitivo, a tal scopo è necessario confrontarsi sia con obiettivi di efficienza, ovvero riduzione degli sprechi e dei costi, che di efficacia intesa come miglioramento del servizio al cliente. Infatti, secondo lo studioso Michael Porter, tale vantaggio competitivo dipende essenzialmente dal valore aggiunto che un'impresa riesce a generare per i propri clienti, che assumono quindi totale centralità nell'ambiente produttivo. La creazione di valore per il cliente diventa il punto focale di tutta la catena di fornitura e rappresenta l'obiettivo comune a tutte le entità che la costituiscono, spinta al coordinamento e alla cooperazione.

Fin dal primo approccio ai concetti di logistica e SCM, si evidenzia subito l'affinità dei temi da essi trattati, non sorprende, dunque, che nel corso del tempo siano sorte idee discordanti sulla relazione che intercorre tra di essi, e sugli aspetti che li differenziano l'uno dall'altro.

Particolare diffusione, hanno trovato le teorie di Larson e Halldórson (2004) che individuano l'esistenza di quattro prospettive ciascuna delle quali descrive in modo diverso questo rapporto tra logistica e *supply chain*.

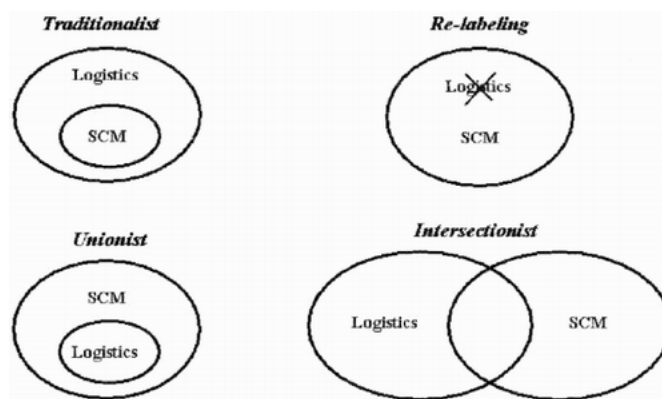


FIGURE 1. Perspectives on Logistics versus Supply Chain Management.

Figura 2: Le quattro visioni del rapporto tra logistica e SCM secondo Larson e Halldórson

La prima visione è quella che viene definita “Tradizionalista”. Seconda questa prospettiva il SCM sarebbe una piccola parte della logistica dedicata esclusivamente alle relazioni tra le aziende, un processo focalizzato sulla logistica esterna. La visione “Intersezionista” vede invece logistica e il *supply chain management* come entità differenti, che si intersecano solo per alcune attività operative. Quasi all’opposto si colloca poi la visione “Relabelling”, letteralmente “Etichettare di nuovo”, secondo la quale la logistica e il SCM sarebbero la medesima entità che avrebbe soltanto cambiato nome nel tempo. Tuttavia, a trovare maggiore seguito oggi è sicuramente la così detta visione “Unionista” secondo la quale è possibile vedere la logistica come una parte del SCM. Quest’ultimo infatti è, come illustrato precedentemente, un insieme complesso di attività che riguardano la gestione di tutte le funzioni aziendali coinvolte nel ciclo di vita di un prodotto, da ricerca e sviluppo, produzione e risorse umane fino ad includere anche la logistica, tale funzione si propone inoltre di coordinare gli attori implicati in questi processi. La logistica riguarda invece prettamente la gestione di tutti i flussi fisici di materiali, da materie prime a prodotto finito, all’interno della catena e diviene dunque, in questa prospettiva, uno dei nuclei operativi del SCM.

3. Pianificazione e gestione delle scorte

Tra le molteplici attività che caratterizzano la gestione di una catena logistica, un ruolo critico è assunto sicuramente dalla pianificazione e gestione delle scorte. Tale attività influenza in maniera diretta molte prestazioni di un'azienda nei confronti del mercato, poiché da essa dipende la disponibilità dei prodotti, con un impatto sul livello di servizio al cliente e sui costi totali.

In passato le scorte erano considerate un efficace sistema di protezione del ciclo produttivo, tuttavia l'evoluzione dei sistemi di produzione e distribuzione ha portato ad assumere nel corso del tempo uno sguardo sempre più critico nei confronti di questa visione. Negli anni '80 l'affermarsi dei primi tentativi di *lean manufacturing* ha portato la maggioranza delle aziende a spostare la propria attenzione sullo snellimento delle scorte all'interno della filiera logistica, con l'obiettivo di sostituire le scorte con una produzione più veloce, tempestiva ed economica. Grande diffusione trovano i concetti di “flusso teso” e “obiettivo scorte nulle”.

Tuttavia, dopo un periodo di forte espansione di queste metodologie molte aziende si sono scontrate con la fragilità della *supply chain* di fronte ad eventi, naturali e non, che possono causare l'interruzione dei flussi fisici o informativi, con ripercussioni sulla produzione e sulla distribuzione proprio a causa della mancanza della protezione data dalle scorte. La pianificazione del fabbisogno rappresenta quindi ancora oggi uno degli aspetti più spinosi nella gestione della catena logistica e un potenziale fattore critico di successo per un'azienda.

L'implementazione di una politica di gestione delle scorte richiede in primo luogo assunzioni riguardanti le quantità da ordinare e i tempi per ciascun prodotto. Il tema è tanto più complesso quanto maggiore è il numero di attori coinvolti nel processo, in funzione di ciascun cliente e fornitore sorgeranno, infatti, dei vincoli, su tempi e quantità, di cui sarà necessario tener conto in fase di pianificazione del fabbisogno.

3.1 Il *Material Requirements Planning*

La complessità legata al tema della pianificazione dei fabbisogni produttivi ha portato allo sviluppo di metodologie di supporto, definite in generale come sistemi MPC (*Manufacturing Planning and Control system*). Tra esse si colloca il *Material Requirements Planning* (MRP), un metodo di pianificazione del fabbisogno di materie prime che, introdotto nel 1975 da Orlicky, ha trovato ampia diffusione grazie ai miglioramenti nella qualità e nell'efficienza

riscontrati dalle aziende che per prime hanno scelto di implementarlo. Orlicky, nel testo *“Material Requirements Planning: the new way of life in production and inventory management”* codificò gli standard di questa metodologia che sono usati ancora oggi.

Il metodo MRP consente di schedulare gli ordini di rifornimento in termini di tempo e quantità, al fine di allineare la domanda e il rifornimento in modo da ottenere il minor livello di scorte possibile. Il metodo richiede alcuni input principali:

- Il *Master Production Schedule* (MPS): un documento che contiene la domanda del cliente suddivisa in periodi, i *time buckets*, la cui ampiezza è funzione di scelte aziendali, ciascun periodo può ad esempio rappresentare una settimana;
- La *Bill of Material* (BOM) o Distinta Base: contiene l’elenco di tutti i componenti, materie prime e semilavorati che costituiscono la struttura di un prodotto;
- I *lead time* di produzione (*Manufacturing Lead Time*) e di approvvigionamento (*Purchasing Lead Time*).

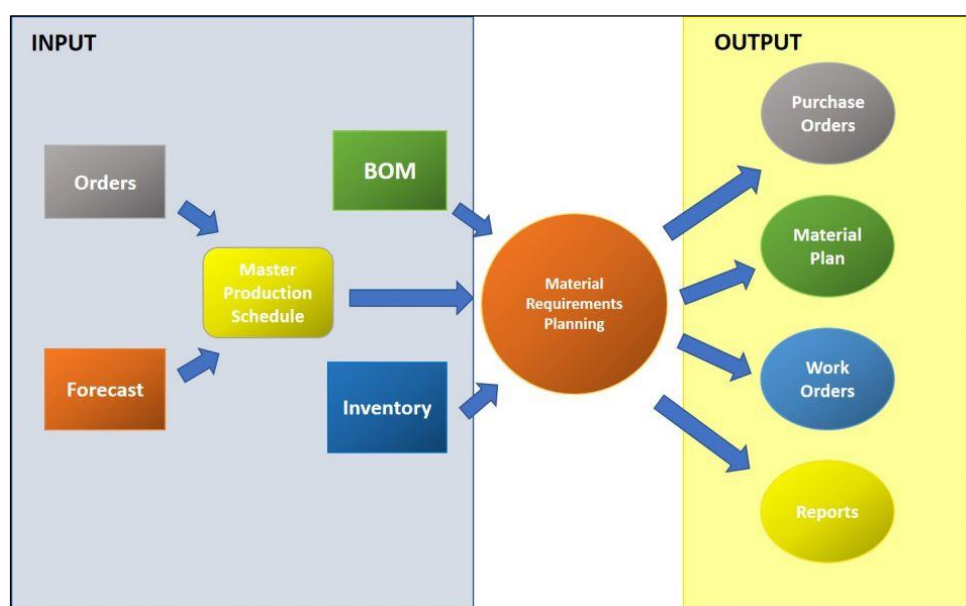


Figura 3: Input e Output del Material Requirements Planning

Se si utilizzasse solo la domanda effettiva del cliente, l'MRP consentirebbe di avere scorte zero. Ciò tuttavia richiederebbe un tempo eccessivo, infatti, per basare il calcolo sui soli *sales order* sarebbe necessario essere a conoscenza degli stessi molto tempo prima della consegna del prodotto stesso, precisamente l'intervallo temporale che intercorre tra l'arrivo dell'ordine

effettivo e la consegna del prodotto al cliente dovrebbe essere pari o superiore alla somma del lead time di produzione e di approvvigionamento.

Raramente tuttavia, è possibile avere un orizzonte di visibilità così ampio sulle richieste dei clienti e oggi con l'aumentare della variabilità dei mercati e della domanda lo è sempre meno, di qui la necessità di basare la pianificazione anche sulle previsioni della domanda. Inoltre, maggiore è il tempo richiesto per le attività di *procurement* e *manufacturing*, maggiore sarà l'orizzonte necessario alla pianificazione e quindi minore la bontà delle previsioni su cui basare la stessa. Per quanto possa dunque apparire indispensabile, è proprio l'utilizzo della domanda previsionale a costituire la base dei due principali limiti del *Material Requirements Planning*: il fenomeno del nervosismo e l'effetto *bullwhip*.

3.1.1 Il fenomeno del nervosismo

L'utilizzo delle previsioni di domanda per implementare il modello genera la necessità di continui aggiustamenti della pianificazione man mano che ci si avvicina alla consegna effettiva del prodotto. Una previsione, in quanto tale, non potrà mai essere esatta e dunque il *Master Production Schedule* cambierà continuamente generando il così detto nervosismo dell'MRP. Poiché, infatti, l'implementazione del modello è basata sulla creazione di collegamenti all'interno della distinta base dei prodotti, piccoli cambiamenti a un livello alto della BOM provocano cambiamenti significativi ai livelli inferiori, sia in termini di pianificazione della produzione che di pianificazione degli ordini di materie prime.

Tale problema è stato evidenziato fin dai primi utilizzi dello strumento, tuttavia oggi, a causa della sempre maggiore variabilità che caratterizza l'ambiente produttivo, è diventato particolarmente stringente. A causa della struttura stessa dell'MRP l'unica possibilità per eliminare completamente il nervosismo sarebbe evitare qualsiasi tipo di modifica alla domanda del cliente, ma tale obiettivo appare raggiungibile, mantenendo inalterata la struttura del modello, solo sacrificando la rapidità e la flessibilità nella risposta al cliente. Una scelta di questo tipo sarebbe dunque in netta contraddizione con il raggiungimento di un livello di servizio al cliente adeguato e sarebbe senza dubbio inaccettabile nell'attuale ambiente competitivo. Esistono tuttavia degli accorgimenti che, pur avendo a loro volta dei limiti, potrebbero consentire di limitare il nervosismo all'interno del sistema:

- *I weekly time bucket*: prevedere la possibilità di eseguire cambiamenti nella pianificazione solo settimanalmente e non quotidianamente, in modo da limitare la quantità di modifiche che possono essere apportate e di conseguenza ridurre il nervosismo. Questo metodo porta però con sé due problematiche principali, infatti, suddividere la pianificazione su un orizzonte settimanale comporta anche l'utilizzo di previsioni meno accurate rispetto alle previsioni aggiornate quotidianamente. Inoltre, si passa da piccoli cambiamenti giornalieri, a un cambiamento settimanale unico ma significativo, che il sistema potrebbe non essere in grado di sostenere;
- L'appiattimento della distinta base: l'idea è ridurre il numero di connessioni dipendenti nella struttura del prodotto, eliminando dall'MRP ad esempio i livelli intermedi. In questo modo si riduce il numero di cambiamenti, poiché si eliminano tutti quelli che coinvolgerebbero i livelli intermedi. Sorge tuttavia il rischio di eliminare delle dipendenze che sono in realtà critiche. Questa soluzione tende quindi a over semplificare il sistema, causando la perdita d'informazioni rilevanti. Ottengo un'informazione che in realtà non rappresenta il mio sistema reale.

3.1.2 L'effetto *Bullwhip*

La variabilità della *supply chain*, non dipende solo dalla domanda, ma è insita in tutti i processi interni ed esterni che la definiscono, blocchi della linea di produzione, guasti, ritardi dei fornitori e molte altre sono le possibili fonti di variabilità che incidono sulla pianificazione e generano ritardi.

Qualunque sia comunque la fonte da cui si genera, questa variabilità insita nel sistema si propaga al suo interno aumentando in modo esponenziale e dando luogo all'effetto *bullwhip*. Il primo a rilevare il fenomeno fu Jay W. Forrester nel 1958, egli definì questo effetto come l'amplificazione della variabilità nel segnale di domanda o degli ordini che si riscontra man mano che esso risale, da valle a monte, dal punto vendita al fornitore di componenti e semilavorati lungo una filiera logistica. Questo effetto si genera in parte a causa di un disallineamento strategico dei partner della rete, che genera riluttanza nel condividere le informazioni rilevanti, in parte per ritardo con cui le informazioni sono trasmesse e condivise.

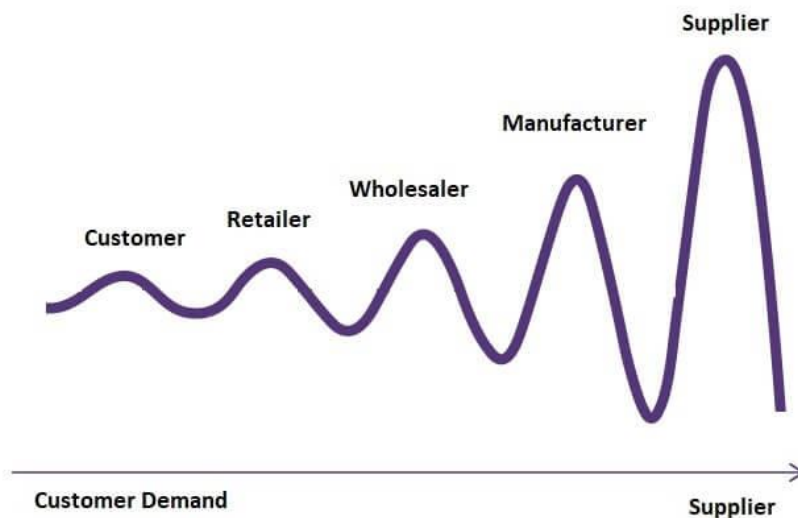


Figura 4: Effetto bullwhip. La variabilità si propaga aumentando lungo la catena

Alla base dell'effetto *bullwhip* è possibile individuare molteplici cause, tra le principali si evidenziano:

- Errori nella previsione della domanda: i metodi di *forecasting* essendo generalmente basati sullo studio dei dati storici della grandezza da stimare, sono in grado di reagire alla variabilità della domanda solo con un certo ritardo. Inoltre, al crescere dell'orizzonte previsionale, aumenta l'errore nei risultati ottenuti.
- Lottizzazione dei fabbisogni (*batching policies*): non è sempre possibile emettere ordini in modo continuo, a causa dei costi di emissione ordine e dei tempi necessari. In qualsiasi contesto aziendale dunque è più che normale prevedere dei vincoli nella pianificazione che possono prevedere la suddivisione dei fabbisogni in lotti, o l'introduzione di limiti alla quantità minima o massima che è possibile ordinare. Ciò tuttavia genera una distorsione del segnale di domanda.
- Perturbazioni nel prezzo: la presenza di promozioni e sconti può essere causa di una frequente fluttuazione dei prezzi che può portare ad acquisti anticipati rispetto ai fabbisogni o alla domanda di grandi volumi, che possono non corrispondere alle effettive necessità. Come i precedenti fattori anche le perturbazioni di prezzo provocano una distorsione delle informazioni che si trasmettono all'interno della catena.

Analizzando l'effetto *bullwhip* appaiono evidenti i rischi derivanti dalla mancata adozione di adeguate strategie di coordinamento tra i diversi attori coinvolti nella *supply chain*.

I difetti del *Material Requirements Planning* influenzano, quindi, la performance nella gestione delle scorte. La variabilità che nasce e si propaga nella catena di fornitura oltre ad essere causa di ritardi nelle consegne ai diversi livelli della catena, è anche alla base di un dimensionamento errato del livello di *stock* con un conseguente aumento dei costi per le aziende e una riduzione del livello di servizio. Se si osserva Figura5, che rappresenta il tipico andamento dei livelli di scorta in un magazzino, appare subito evidente quanto appena descritto. Spostandosi da sinistra verso destra, infatti, si nota il passaggio da una zona in cui il livello di *stock* è eccessivamente basso, e quindi il rischio di fuori scorta troppo alto, a una zona in cui invece le scorte sono eccessive, con conseguente aumento dei costi legati al mantenimento delle stesse e al rischio di obsolescenza. Esiste tuttavia *range* ottimale, osservabile nella zona centrale della Figura5, che rappresenta il livello che l'azienda dovrebbe mantenere.

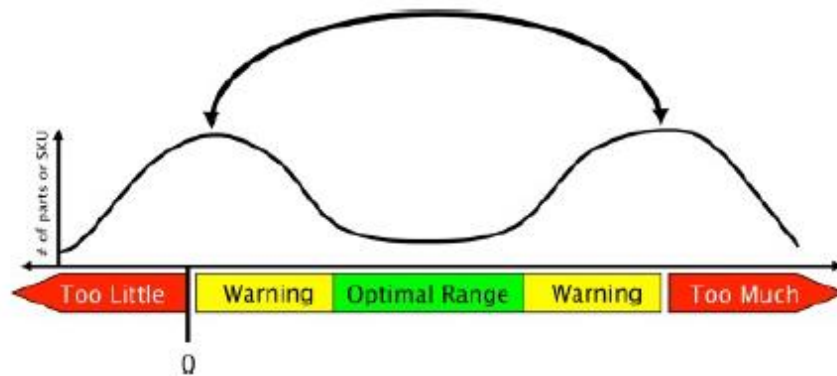


Figura 5: Distribuzione Bimodale delle scorte

4. Il Demand Driven Material Requirements Planning

Nel corso del tempo sono stati sviluppati molteplici sistemi MPC, oltre al MRP già descritto, hanno trovato ampio spazio anche altre metodologie come il JIT (*Just in Time*) o la TOC (*Theory of Constraints*). Tuttavia, gli studiosi Ptak e Smith evidenziano come nessuna di queste teorie sia in grado di dare risposte adeguate all'attuale ambiente produttivo sempre più dinamico e complesso, ciascuna per differenti motivazioni:

- l'MRP nasce in una logica *push*, in un momento in cui i consumatori erano disposti a tollerare tempi di attesa molto più ampi. Oggi invece la variabilità della *supply chain* evidenzia i molteplici limiti dello strumento.
- il JIT si basa sul tentativo di eliminare completamente le scorte, che sono infatti considerate come uno spreco e un ostacolo alla flessibilità della *supply chain*. Ne deriva un sistema particolarmente sensibile alle variazioni della domanda e soggetto a frequenti rotture di *stock*.
- la TOC non sembra essere adatta all'analisi di prodotti che presentano una struttura complessa poiché non considera l'esplosione della distinta base e quindi i diversi livelli della struttura del prodotto stesso.

Gli autori si sono soffermati a lungo sullo studio di questi metodi, e dopo aver cercato di coglierne criticità e punti di forza, hanno teorizzato un nuovo sistema MPC. Pubblicato nel 2011, il metodo, che prende il nome di “*Demand Driven Material Requirements Planning*”, cerca di incorporare in qualche modo i benefici dei sistemi precedenti. Non stupisce, dunque, che molti aspetti del DDMRP siano già stati a lungo analizzati e utilizzati in altre forme.

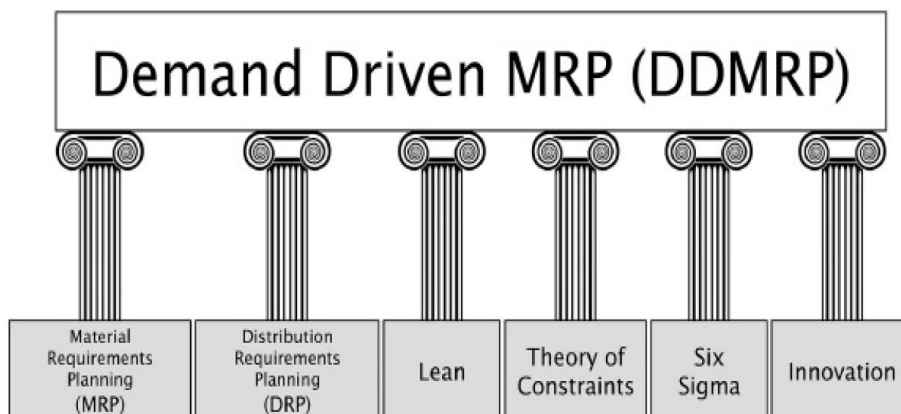


Figura 5: I metodi alla base del DDMRP

La novità risiede proprio nel tentativo di integrare metodi parzialmente in contraddizione: da un lato una pianificazione accurata, come quella che deriva dal MRP, dall'altro la flessibilità, caratteristica dei sistemi *Lean*, e l'importanza della riduzione della variabilità del *Six Sigma*, necessarie per rispondere alla sempre più mutevole domanda del cliente. I sistemi operativi in passato costruiti in funzione della *supply* e della riduzione dei costi, noti come “*push and promote systems*”, si concentrano sempre di più sulla risposta alla domanda effettiva del cliente e sull'ottimizzazione del flusso d'informazioni e di materiali, si parla oggi di “*position, protect, and pull systems*”.

Il DDMRP è quindi un metodo di pianificazione ed esecuzione che si propone di proteggere e favorire il flusso d'informazioni e di materiali, attraverso il posizionamento strategico e l'adeguato dimensionamento di punti di disaccoppiamento che prendono il nome di *Decoupling Buffer*. L'idea è che non sia possibile eliminare la variabilità insita nella *supply chain* ma sia invece possibile evitare che questa si propaghi all'interno della catena, creando indipendenza tra i vari livelli della *bill of material*, e isolando in questo modo gli eventi che si generano in una specifica porzione del sistema. Perché un *decoupling point* mantenga la sua efficacia, è necessario però che ci sia un livello di protezione dello stesso, che assorba la domanda e la variabilità della *supply chain*. Questo livello di protezione è chiamato *decoupling point inventory* ed è costituito, appunto, da una scorta che deve essere adeguatamente dimensionata e mantenuta al fine di evitare rotture di stock.

I *decoupling buffer* rappresentano l'elemento chiave del DDMRP, essi hanno tre scopi principali: assorbire eventuali shock del sistema, causati ad esempio da improvvisi picchi di domanda, così da ridurre la trasmissione della variabilità nella catena e l'*effetto bullwhip*; comprimere i *lead time*, creando indipendenza tra l'approvvigionamento delle materie prime e il consumo delle stesse; infine, sono anche al centro della generazione degli ordini, che dipenderà, infatti, dal livello di protezione dei buffer.

Il metodo prevede lo sviluppo di cinque fasi sequenziali, *Figura 7*, qui solo accennate ma che saranno poi approfondite nei capitoli successivi in applicazione a un caso di studio. Le prime tre definiscono la configurazione iniziale del sistema, in particolare il posizionamento strategico dei buffer, identificato nella fase di *inventory positioning*, e il loro dimensionamento ovvero il livello di protezione del buffer, in quella di *Buffer Profiles and Levels*, mentre la variabilità che caratterizza tale livello di protezione è analizzata nella terza fase, il *Dynamic Adjustments*. La

quarta e la quinta fase definiscono invece gli aspetti operativi di pianificazione ed esecuzione, volti a promuovere il flusso lungo la *supply chain*.

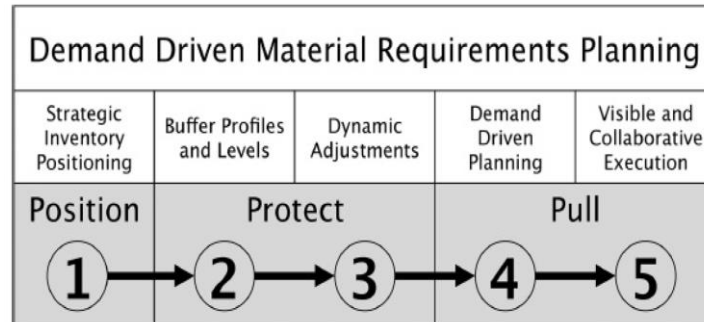


Figura 6: Le cinque fasi del DDMRP

L'introduzione di questi buffer porta con sé alcune innovazioni, prima fra tutte l'introduzione del *Decoupling Lead Time*. Il *Material Requirements Planning* considera tre tipologie di *lead time*:

- il *Purchasing Lead Time* (PLT): è il lead time necessario all'approvvigionamento delle materie prime o di tutti i *purchased item*. Esso è rappresentato dall'intervallo temporale che separa l'invio di un ordine di fornitura dalla ricezione dello stesso.
- il *Manufacturing Lead Time* (MLT): è il tempo richiesto per la produzione di un item, calcolato ipotizzando che tutte le parti al livello inferiore della distinta base siano disponibili. È quindi escluso dal calcolo il *lead time* di approvvigionamento.
- il *Cumulative Lead Time* (CLT): è la più lunga sequenza temporale richiesta per ottenere un prodotto finito. Si calcola considerando il *lead time* totale di ciascun percorso all'interno della BOM, tenendo conto quindi anche dei tempi di approvvigionamento. Il valore maggiore tra quelli individuati definisce il *cumulative lead time*.

Ptak e Smith si riferiscono invece al *decoupling lead time* definendolo come: “*The longest cumulative lead time chain in a manufactured item's product structure. It is a form of cumulative lead time but is limited and defined by the placement of decoupling points within a product structure*”. Concettualmente il DLT è una sorta di *lead time* cumulativo, calcolato però non sulla più lunga catena della struttura del prodotto ma rispetto ai *decoupling buffer* inseriti.

L'utilizzo di questa tipologia di lead time consente di avere uno sguardo maggiormente accurato sulla pianificazione degli ordini, le date saranno, infatti, più realistiche e di conseguenza gli ordini dimensionati con maggiore precisione.

La seconda grande novità legata all'introduzione dei buffer è l'esplosione disaccoppiata della *bill of material*. La *decoupling explosion* consiste nell'interruzione dell'esplosione dei

DDMRP Decoupled Explosion

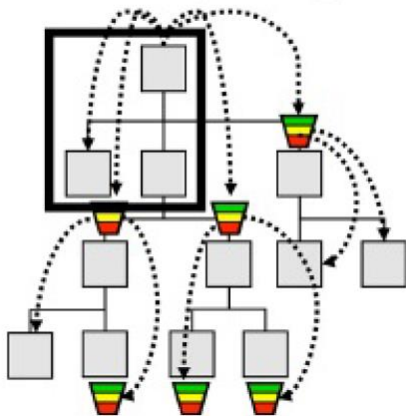


Figura 8: Esplosione disaccoppiata della BOM

fabbisogni dipendenti in corrispondenza di ciascun *decoupling point*. Ogni qual volta si genererà un ordine al livello superiore della BOM, questo stesso ordine si fermerà al primo buffer di disaccoppiamento incontrato, per poi riprendere solo se il livello di protezione del buffer necessiterà a sua volta di essere ristabilito. I buffer rompono le dipendenze all'interno della struttura del prodotto, consentendo la generazione di ordini disaccoppiati a differenza di quanto accadeva nell'MRP. Il meccanismo di esplosione della distinta base resta invece il medesimo tra due buffer successivi.

Oggi il DDMRP sta trovando ampia diffusione in moltissimi settori industriali grazie al miglioramento delle performance che molteplici aziende hanno riscontrato a seguito del suo impiego. In particolare, tra i benefici più spesso evidenziati vi sono:

- Riduzione dei lead time;
- Aumento del livello di servizio, in media del 13% secondo il *Demand Driven Institute*;
- Riduzione delle scorte: nella maggior parte dei casi il livello cala del 15-30% rispetto al valore medio;
- Maggiore capacità di risposta all'effettiva domanda del cliente.

5. Applicazione del DDMRP: il caso Dayco

Le cinque fasi del metodo sono state approfondite e implementate in relazione ad un caso di studio applicativo, sviluppato all'interno della realtà industriale della Dayco Europe, leader mondiale nella produzione di prodotti destinati al mercato *automotive*. Si è scelto di approfondire l'analisi servendosi di un esempio pratico e concreto al fine di ottenere una maggiore comprensione dei diversi aspetti che caratterizzano il metodo, molti dettati da scelte strategiche e dunque caratteristiche dell'ambiente analizzato.

5.1 Il contesto aziendale

La Dayco Europe è un'azienda leader globale nella progettazione, produzione e distribuzione di sistemi di trasmissione di motori e di servizi aftermarket per automobili, camion e per l'industria Agricola, fondata il 17 maggio 1905 a Dayton, Ohio attualmente ha sede a Troy. La società nota in precedenza come Dayco Corporation, ha vissuto un periodo di grande svolta nel 1993, quando a seguito dell'acquisto di una divisione della Pirelli per 170 miliardi di lire, è diventata leader mondiale nel settore della trasmissione di potenza.

Per oltre un secolo, la Dayco ha superato ogni tipo di sfida grazie alla creazione di soluzioni tecniche efficienti e innovative volte a rispondere alle richieste specifiche dei clienti, e ha resistito ai numerosi cambiamenti che hanno interessato l'ambiente produttivo del mondo automotive costringendo produttori, distributori e rivenditori a ridefinire le proprie strategie. Nel corso del tempo è emersa sempre più forte nel settore automobilistico, fino a raggiungere un valore annuale delle entrate pari a circa 1,6 miliardi di dollari, grazie a un team globale focalizzato sul miglioramento continuo.

Cinque principi operativi costituiscono la base della *vision* e della *mission* aziendale:

- Reattività. Essere pronti ad ascoltare il cliente in qualsiasi momento e veloci nel fornire una risposta. “La disponibilità, la franchezza, il dinamismo e la flessibilità di cui siamo dotati ci aiutano a mantenere e ad approfondire i rapporti con i nostri clienti e le relazioni interne all'azienda.”
- Ingegno. Essere al primo posto nel trovare nuovi modi di svolgere un lavoro, guardando con amore alle sfide di tutti i giorni e affrontandole con entusiasmo, è tra i principali

obiettivi che la Dayco s'impone. Essere intelligenti, originali e creativi nelle soluzioni proposte, continuando ad introdurre numerose innovazioni.

- Integrità. Agire con integrità garantendo: solidità dei prodotti, i quali devono funzionare senza inconvenienti; onestà e apertura verso tutti coloro con cui si lavora; aggregazione dell'azienda, che deve essere vista come una sola e unica impresa.
- Previsione. Anticipare ed essere pronti a sfruttare qualsiasi nuova opportunità. Senza attendere i cambiamenti ma al contrario imparando ad anticiparli.
- Collaborazione. Condividere le *best practices* a tutti i livelli aziendali e tra le diverse divisioni, è essenziale per imparare e crescere come un'organizzazione unica e capire cosa più conta per i clienti.

Oggi l'azienda è strutturata su oltre quaranta sedi ed è presente in venti paesi con oltre 4.500 dipendenti. Le sedi si distinguono in funzione delle diverse necessità dei clienti, tra stabilimenti produttivi, centri di distribuzione e rivenditori. La Dayco è presente in: Cina, Giappone, Australia, Serbia, Canada, Stati Uniti, Messico, Brasile, Argentina, Francia, Inghilterra, Italia, Polonia, Spagna, Germania, Svizzera, Russia, Turchia, Emirati Arabi, Portogallo.



Figura 9: Distribuzione geografica della Dayco nel mondo

5.2 Analisi della *supply chain* della Dayco Ivrea

Nel paragrafo precedente è stata evidenziata la distribuzione geografica della Dayco Europe, dalla quale è possibile comprendere immediatamente la complessità del contesto aziendale considerato. Lo studio tuttavia si focalizzerà da qui in poi sullo stabilimento produttivo di Ivrea, grazie al quale è stato possibile condurre l'analisi oggetto di questo elaborato.

5.2.1 I Clienti

Essendo leader nella produzione di prodotti per motore, sistemi di trasmissione e servizi per automobili, camion e industria, i principali clienti Dayco sono aziende automobilistiche e costruttrici di automobili per carichi pesanti. La clientela può essere suddivisa in due macro categorie: *Original Equipment Manufacturer*, noti come primi impianti, e *aftermarket*.

Per quanto riguarda i primi impianti, il portafoglio clienti dell'azienda è molto ampio, ma gli acquirenti cui sono destinati i volumi maggiori, ai quali è quindi legato un rilevante impatto sul reddito sono Ford, FIAT, Volkswagen e PSA nel settore automobilistico, FPT Industrial, MAN, Volvo, Scania in quello industriale.

Una grossa porzione della clientela Dayco è inoltre rappresentata dall'*aftermarket*, con questo termine si fa riferimento a distributori di parti per automobili che rivendono prodotti non contrassegnati con il logo di un cliente specifico, questi fanno da interfaccia tra la Dayco e il generico automobilista. Dal punto di vista geografico, si è visto che l'azienda è distribuita a livello mondiale, tuttavia il mercato di riferimento dello stabilimento Dayco di Ivrea è principalmente europeo.

5.2.2 I Fornitori

La vastità della gamma di prodotti offerti dalla Dayco, circa 400 diversi prodotti finiti, Ivrea si rispecchia nella necessità di una altrettanto ampia rete di fornitura. Infatti, la tipologia di prodotti progettati richiede un elevato livello di differenziazione poiché ciascuno di essi presenta spesso caratteristiche e prestazioni diverse in funzione del motore cui è destinato, comportando dunque l'impiego di una grande varietà di componenti. Nello specifico l'azienda ha contatti con oltre novecento fornitori, distribuiti su scala mondiale. Tuttavia, la maggioranza è europea, infatti, come si evince dalla *Figura 10*, il 94% dei fornitori ha sede in Europa mentre

il restante 6% è suddiviso principalmente tra America ed Asia. Inoltre, l'ottanta per cento dei fornitori europei è in realtà situato in Italia.

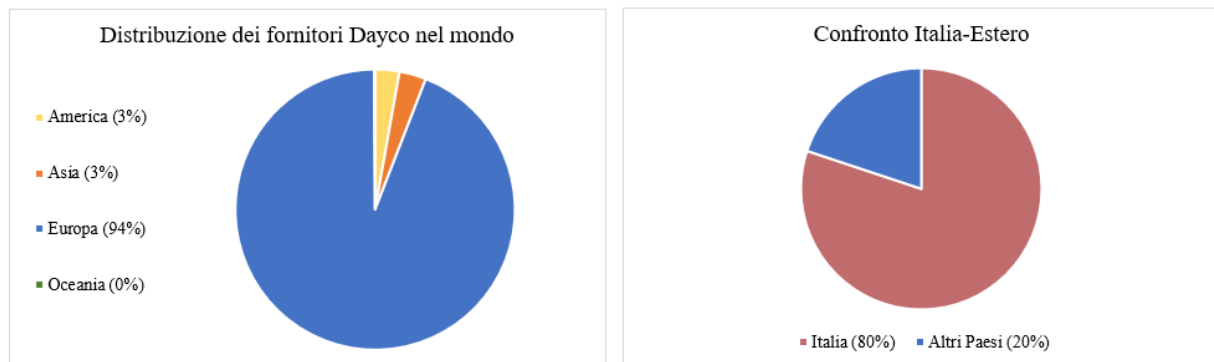


Figura10: Distribuzione dei fornitori nel mondo

La politica di gestione dei fornitori prevede l'applicazione di un modello *multiple sourcing*, il quale prevede che la fornitura di uno stesso componente sia affidata a più fornitori contemporaneamente, la suddivisione tra essi della domanda può essere effettuata secondo diversi criteri, nel caso in esame l'azienda assegna a ciascun fornitore una percentuale del fabbisogno complessivo secondo valori concordati in fase contrattuale. Tale politica è adottata soprattutto nel caso di forniture provenienti dall'Asia o dall'America, caratterizzate da lunghi *lead time* di approvvigionamento e da un alto rischio di *disruption* e di ritardi, inoltre la scelta trova fondamento anche nei limiti alla capacità produttiva dei fornitori che non sempre consentono il completo soddisfacimento del fabbisogno dell'azienda.

Una particolarità del processo di approvvigionamento è la gestione del conto lavoro, ovvero di tutte le lavorazioni affidate in *outsourcing* a terzi. In particolare, l'azienda gestisce due tipologie di esternalizzazione, identificate come conto lavoro orizzontale o verticale, quest'ultimo anche detto conto lavoro con capo commessa.

Nel primo caso la difficoltà di gestione del processo deriva dalla separazione tra il flusso fisico, e quello contabile. Contabilmente, infatti, il flusso non collega i fornitori, ma ciascuna interazione è legata all'azienda principale che acquista il bene dal primo fornitore, per poi inviarlo al secondo per la lavorazione. Il totale delle transazioni contabili è quindi pari a cinque. Tuttavia, dal punto di vista del flusso fisico, questo duplice passaggio in ingresso e in uscita dallo stabilimento produttivo appare superfluo, esso infatti comporterebbe delle

movimentazioni aggiuntive del materiale, con il conseguente aumento di costi e rischi. Al fine di minimizzare gli spostamenti, quindi, il fornitore uno invia direttamente il materiale al deposito del fornitore due, dove esso sarà gestito in una logica di *consignment and stock*. Il committente assume di fatti la proprietà dei beni e la mantiene per tutto il tempo che intercorre tra la consegna del materiale da parte del primo fornitore e il prelievo, finalizzato alla lavorazione del bene, da parte del secondo, al termine della lavorazione il prodotto così realizzato entra effettivamente nello stabilimento di Ivrea. In questo modo a fronte di cinque transazioni contabili, si avrà una sola transazione fisica in ingresso.

La seconda tipologia di conto lavoro prevede invece la presenza di un capo commessa. In questo caso il flusso contabile e quello fisico sono allineati e le transazioni sono parallele. Di fatti un conto lavoro con capo commessa si traduce, dal punto di vista del committente, in un semplice acquisto, poiché il passaggio tra i diversi fornitori è gestito autonomamente dal capo commessa.

La particolarità del caso precedente, conto lavoro verticale, invece risiede nel fatto che seppur non corrispondenti ad un flusso fisico, tutti i passaggi devono essere gestiti dalla Dayco stessa. La prima transazione contabile segna il passaggio della proprietà del bene dal primo fornitore e il committente, e con esso la responsabilità sulla gestione dei prodotti da lì in avanti, da un punto di vista sia organizzativo che finanziario. La gestione di queste scorte avviene attraverso un magazzino fittizio, destinato al solo conto lavoro.

5.2.3 I Prodotti

Dayco Europe produce principalmente due tipologie di prodotto: cinghie e prodotti meccanici tra i quali ad esempio pulegge, tenditori, galoppini. Il *plant* di San Bernardo d'Ivrea in particolare di componenti meccanici, mentre, in Italia, la produzione delle cinghie ha sede a Chieti. Tra questi componenti è possibile individuare tre principali famiglie di prodotto: tenditori ausiliari, tenditori di distribuzione e *decoupler*.

I *tenditori delle cinghie di distribuzione*: consentono l'apertura e la chiusura delle valvole del pistone, oltre ad assorbire le vibrazioni che si generano nel motore. Questi tenditori sono ottimizzati per ogni applicazione e tengono conto del comportamento di guida specifico per garantire una durata di funzionamento uniforme.



Figura 11: Esempio di tenditore di distribuzione

I *tenditori delle cinghie ausiliarie*: lavorano per ridurre le vibrazioni e le perdite di attrito in combinazione con cinghie, smorzatori e altri componenti, garantendo l'efficienza del sistema. Il design innovativo che li caratterizza è volto a ridurre il rischio di rottura prematura del cuscinetto e di slittamento delle cinghie, che potrebbe provocare scarse prestazioni degli organi ausiliari.



Figura 12: Esempio di tenditore ausiliare

Il *decoupler* filtra le oscillazioni angolari, e consente di far lavorare la cinghia, e gli eventuali accessori legati ad essa, nelle condizioni più agevoli e ottimali.



Figura 13: Esempio di decoupler

5.3 Classificazione ABC

La classificazione ABC è un'analisi statistica, che si basa sul principio di Pareto e prevede la suddivisione degli elementi cui è applicata in tre classi dette appunto classe A, B o C.

La classificazione è spesso applicata ai prodotti di un'azienda al fine di valutarne l'impatto sugli utili e di definire quali siano gli elementi più importanti e quali, invece, i più critici. La classificazione delle diverse voci può essere effettuata in funzione di molteplici parametri a seconda dei risultati cui si è interessati e consente di fare delle considerazioni di carattere strategico sui prodotti considerati e di definire delle priorità aziendali che semplificano il processo decisionale. In ambito industriale, l'analisi di Pareto è comunemente utilizzata per valutare i prodotti di un'azienda, tendenzialmente in funzione del valore di consumo.

Il principio di Pareto afferma che considerati due gruppi di dati correlati da una relazione di causa ed effetto, o di input e output, è possibile osservare che l'ottanta per cento dei risultati è di fatti correlato al 20 per cento delle cause, per questo motivo il principio è noto anche come regola dell'80-20. Supponendo, dunque, di applicare la teoria alla gestione delle scorte di un magazzino, e di voler classificare i prodotti in funzione del valore di consumo, si possono identificare tre classi:

- Classe A: costituita dagli articoli che presentano il più alto valore di consumo annuo. Di solito il 70-80% del valore è dato dal 10-20% degli articoli in magazzino;
- Classe B: a questa classe apparterranno i prodotti con un valore medio di consumo annuo pari a 15-25% circa e corrispondente al 30% degli articoli in magazzino;

- Classe C: prodotti con un valore di consumo annuo molto basso. Questa classe sarà costituita da oltre il 50% degli articoli in magazzino, i quali tuttavia generano solo il 5% circa del valore di consumo annuo dell'azienda.

Le percentuali, 80-20, indicate inizialmente rappresentano dei valori di riferimento, nella pratica la proporzione non è così netta e il rapporto può variare. L'analisi ABC trova ampia diffusione grazie alla sua semplicità di applicazione e alla chiarezza dei risultati che è possibile dedurre da essa. Inoltre, effettuando la classificazione sotto diversi punti di vista, tra i quali ad esempio i volumi di vendita o l'indice di rotazione dei prodotti in magazzino, è possibile valutare la situazione in tutti gli aspetti che la caratterizzano e trarre quindi conclusioni più accurate.

Nel caso in esame, si è deciso di effettuare una classificazione ABC dei prodotti finiti. L'analisi è stata applicata utilizzando come parametro di riferimento il valore di consumo, calcolato come prodotto del costo unitario medio del bene per il volume del venduto nell'anno 2019. Essa ha permesso di individuare i prodotti più rilevanti per l'azienda in termini di flussi, dato che sarà poi certamente fondamentale per decidere su quali *part numbers* concentrarsi per l'applicazione del DDMRP.

La classificazione è stata effettuata considerando tutti i prodotti finiti aventi volumi di vendita diversi da zero nel corso del 2019, in totale 512 prodotti finiti. Prima di procedere all'analisi effettiva dei dati sono state scelte delle soglie precise di classificazione, riassunte in *Tabella 1*.

Classe	% Valore di Consumo
A	0%-80%
B	81%-95%
C	96%-100%

Tabella 1: Limiti delle classi dell'analisi ABC

I risultati hanno evidenziato la seguente suddivisione dei prodotti nelle classi:

- Classe A: 81 prodotti, ovvero il 15,8%, corrispondenti ad un valore di consumo pari all'80,05% del totale;
- Classe B: 125 prodotti, il 25% circa del totale, corrispondenti al 14,96% del valore di consumo;
- Classe C: 306 prodotti, oltre il 70% dei prodotti complessivi, per un valore di consumo pari ad appena il 4,99% del valore totale.

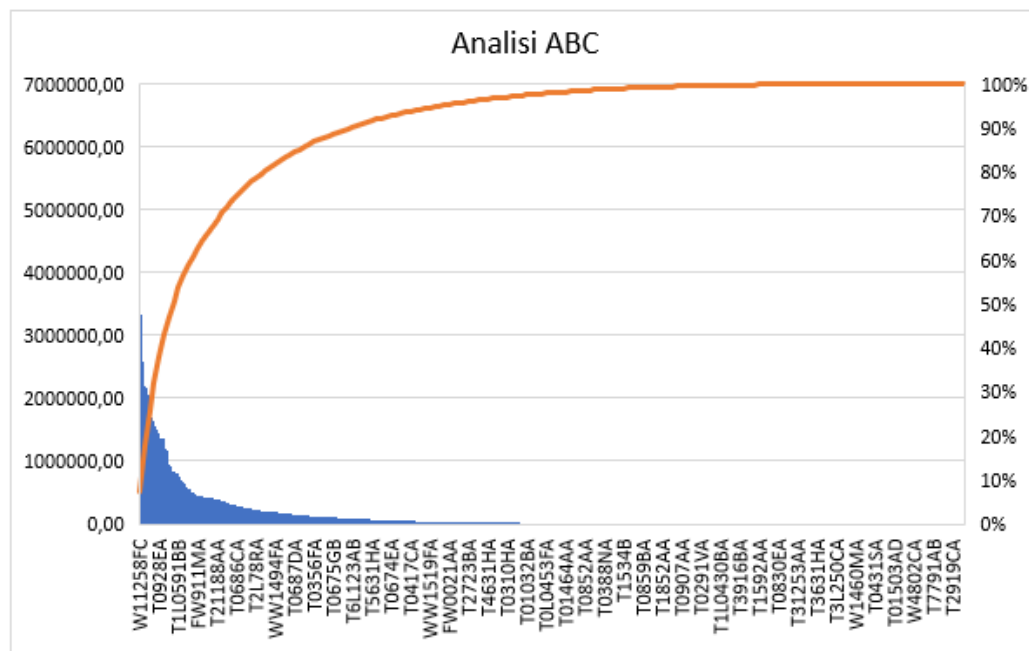


Figura 14: Classificazione ABC

5.4 Applicazione del metodo

Come visto nei paragrafi precedenti, l'azienda produce circa 4000 diversi prodotti finiti, per questo motivo è stata da subito esclusa l'idea di implementare il metodo per la loro totalità, considerando anche che il livello di dettaglio richiesto per l'analisi è molto approfondito e l'estrazione dei dati complessa, si è deciso allora di iniziare il lavoro applicando la metodologia a un numero ridotto di componenti.

Come illustrato in precedenza nello stabilimento di Ivrea si producono tre famiglie principali di prodotti: tenditori di distribuzione e ausiliari e *damper*. Ciascuna di esse è identificata da un codice padre che si differenzia in funzione dell'imballo, ogni OE ne ha infatti uno specifico, e in funzione delle modifiche effettuate rispetto al disegno originale. Si è scelto di concentrare

l'attenzione sui tenditori, uno per ciascuna delle due categorie, poiché rappresentativi del principale business della Dayco Ivrea. In particolare, grazie all'analisi ABC illustrata nel capitolo precedente, è stato possibile identificare quelli che rappresentano il valore maggiore, inteso come prodotto dei consumi medi per il prezzo.

Una volta selezionati i prodotti, il primo passo è stato analizzarne i processi produttivi e le distinte base. Non sono stati considerati, tuttavia, gli imballi poiché oggi questi materiali sono gestiti secondo una logica *kanban*, quando il livello di scorta si riduce oltre una determinata soglia, il materiale viene riordinato, non si effettuano dunque previsioni del fabbisogno.

Per ciascuno dei due prodotti l'analisi è stata applicata a tutte le sub-famiglie, cioè tutti gli avanzamenti o le modifiche del disegno originale, ancora in produzione. Per semplicità da qui in avanti s'indicheranno tutti i prodotti della stessa famiglia con il solo codice padre, SEL0591 per il tenditore di distribuzione ed SE802 per quello ausiliare, fatta eccezione per i casi in cui sottolineare la distinzione sarà necessario ai fini della comprensione del lavoro svolto.

5.4.1 *Inventory Positioning*

La prima fase del metodo riguarda il posizionamento dei decoupling buffer. Si tratta di un passaggio cruciale e in qualche modo strategico che vede il coinvolgimento di diverse funzioni aziendali: dai S&OP, agli acquisti e alla logistica. La scelta appare significativa poiché, se da un lato un eccessivo numero di buffer renderebbe nulli i benefici del metodo portando ad un aumento delle scorte e dei costi delle stesse, dall'altro un posizionamento errato, in termini di quantità o collocazione, potrebbe esporre l'azienda ad un eccessivo rischio di rottura di stock.

Trattandosi di una scelta strategica essa sarà significativamente influenzata dalla tipologia di azienda in cui si va ad inserire e dalla sua organizzazione, tuttavia Ptak e Smith suggeriscono come linea guida per l'applicazione del DDMRP sei fattori critici da considerare in questa prima fase:

- *Customer Tolerance Time*: è il tempo che il cliente finale è disposto ad aspettare prima di ricorrere ad un altro fornitore.
- *Market Potential Lead Time*: si va a valutare in questo caso l'esistenza di un eventuale *lead time* al cliente finale che, se rispettato, accrescerebbe significativamente gli ordini degli attuali clienti o la quota di mercato dell'azienda.

- *Sales Order Visibility Horizon*: l'orizzonte di visibilità sugli ordini del cliente finale non è altro che l'intervallo di tempo che intercorre tra l'ordine effettivo, e quindi teoricamente non modificabile, del cliente finale e la data di consegna prevista. Si tratta di un dato fondamentale per lo sviluppo del DDMRP che, come precedentemente discusso, si differenzia dal MRP tradizionale in primo luogo proprio per l'abbandono delle previsioni della domanda nella schedulazione degli ordini ai fornitori, ed il ruolo centrale dato ai "sales order".
- *External Variability*: nell'analizzare il concetto di variabilità che caratterizza uno specifico prodotto, gli autori mettono in evidenza due macro categorie. La variabilità della domanda e la variabilità della *supply*. In funzione del livello della distinta base in cui il prodotto si va a collocare, esso risentirà maggiormente di una tipologia o dell'altra. Di fatti i prodotti finiti subiscono sicuramente in maniera prevalente l'impatto della variabilità della domanda, così come invece i materiali di approvvigionamento, sia che si tratti di materie prime che di semilavorati, sono influenzati prevalentemente dalla variabilità della *supply*. Minore sarà invece l'effetto sui componenti che si posizionano ad un livello intermedio.

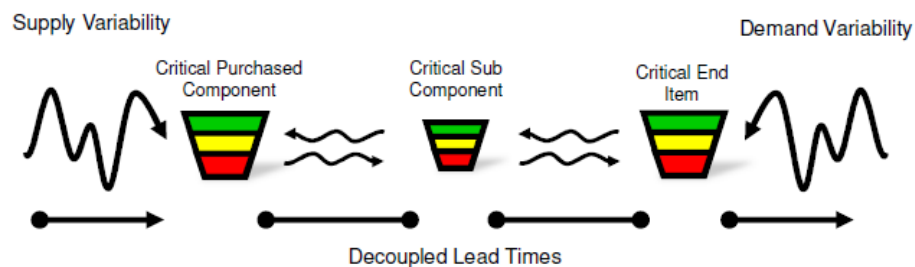


Figura 15: Impatto delle due forme di variabilità in funzione del livello della BOM in cui la parte si colloca

- *Inventory Leverage and Flexibility*: si tratta di quei punti all'interno della distinta base di un prodotto che influenzano significativamente la possibilità da parte dell'azienda di rispondere alle richieste dei clienti consentendo ad esempio una migliore contrazione dei *lead time*. Questi sono di solito costituiti da materie prime di fondamentale importanza, o componenti comuni a molteplici prodotti.

- *Critical Operation Protection*: si tratta di elementi di un processo particolarmente complessi o delicati, nei quali la variabilità tende a concentrarsi e amplificarsi, come ad esempio operazioni svolte su macchinari con capacità produttiva ridotta o processi che richiedono un frequente spostamento di materiali all'interno del *plant*.

5.4.1.1. Applicazione dell'*Inventory Positioning* in Dayco

I sei fattori critici illustrati sopra, sono stati considerati nel caso in esame al fine di individuare la distribuzione dei *decoupling buffer* per i prodotti selezionati. Oltre ad un'attenta analisi dei dati, in questa fase è stato fondamentale il confronto con diverse figure aziendali, e il supporto da esse offerto. La collaborazione con l'ufficio *Supply Chain*, in particolare con i responsabili della pianificazione della produzione e dei clienti, nonché con l'industrializzazione e con gli operatori di linea, hanno permesso di conoscere approfonditamente i processi di produzione in analisi e l'organizzazione che li circonda in termini di logistica, gestione dei flussi, pianificazione e rapporti con i fornitori, consentendo di evidenziarne eventuali criticità e peculiarità. Di seguito è sintetizzata l'analisi effettuata per ciascuno dei due prodotti e la scelta del posizionamento dei *decoupling buffers*.

I primi due dei sei fattori considerati nella fase d'*inventory positioning*, sono comuni a entrambi i tenditori in esame poiché caratteristici del settore di mercato e del tipo di clientela che la Dayco serve, più che del prodotto specifico.

1. Customer Tolerance Time: come illustrato in precedenza la Dayco si rivolge a due tipologie di clienti, OE o primi impianti, e ricambisti. Questa distinzione influenza significativamente la tolleranza del cliente, che nel primo caso è pari a uno due giorni i quali devono comunque essere di volta in volta approvati dal cliente. Nello sviluppo del modello si assume, però, che la tolleranza per i primi impianti sia pari a zero poiché un ritardo nella consegna potrebbe costringere i clienti a interrompere la produzione, comportando in tal caso ingenti penalità.

Nel secondo invece il margine è più ampio, non vi sono grosse sanzioni previste in caso di ritardo delle consegne, tuttavia essendo il *lead time* concordato per gli ordini da parte del cliente ampio, l'azienda in linea con una politica di affidabilità s'impegna a non ritardare nelle consegne. Ne consegue che anche in questo caso il tempo di tolleranza è assunto pari a zero.

2. Market Potential Lead Time: si ritiene che non vi siano potenziali contrazioni dei *lead time* tali da aumentare significativamente le quote di mercato o condizionare il portafoglio clienti dell'azienda. Nell'ambiente in cui Dayco si colloca, la scelta del fornitore da parte dei clienti è influenzata principalmente da limiti tecnologici, dalla capacità produttiva e dalla possibilità di garantire elevati standard qualitativi. I lead time sono comunque sempre concordati con il cliente in fase contrattuale e ciò che incide significativamente è la capacità di rispettarli, come illustrato nel punto precedente.

Customer Tolerance Time	OE	1\2 giorni ≈ 0
	AM	0
Market Potential Lead Time	OE	Non significativo
	AM	Non significativo

Tabella 2: Primo e secondo parametro dell'inventory positioning

I restanti fattori considerati da Ptak e Smith nella fase di *Inventory Positioning*, vanno invece ad analizzare caratteristiche proprie dei prodotti più che del mercato, per questo motivo le considerazioni su di essi sono state effettuate applicando il medesimo processo per entrambi i tenditori ma sintetizzate in maniera differenziata.

3. Sales Order Visibility Horizon: il valore, fornito dalla responsabile dei clienti, è fissato pari ai così detti “giorni congelati” del cliente, ovvero l'intervallo di tempo che precede la data di consegna prevista, in cui il cliente non può modificare gli ordini inviati. Anche in questo caso la distinzione fondamentale, oltre che tra i differenti prodotti, va fatta tra OE e AM. Il *frozen period* per i primi impianti dipende essenzialmente dal cliente cui questi appartengono, si può infatti notare dalla tabella sottostante come il SEL0591 e il SE802 abbiamo lo stesso orizzonte di visibilità sugli ordini poiché destinati al medesimo cliente. Per quanto riguarda l'AM, invece, il periodo congelato è uguale per tutti i clienti e pari a quaranta giorni lavorativi. Non vi sono, invece, differenze tra i prodotti in funzione del solo imballo. Per questo motivo, nella tabella successiva è stato indicato un unico valore di orizzonte di visibilità per tutti i codici destinati ai primi impianti mentre sono stati considerati separatamente quelli dei prodotti destinati

all'*aftermarket*, i quali sono stati indicati con il numero nove in sostituzione della seconda lettera del codice.

Sales Order Visibility Horizon [giorni lavorativi]	
SEL0591	SE802
3	3
S9L0591	S9802
40	40

Tabella 3: Sales order visibility horizon

4. External Variability: per quanto riguarda la variabilità, si considerano separatamente quella che deriva dalla *supply* e quella che deriva dalla domanda.

4.1 Supply Variability: per quanto riguarda la variabilità della *supply* si è deciso, come suggerito dagli autori del metodo, di individuare tre categorie, variabilità alta (H), media (M) e bassa (B). Ciascun fornitore, e di conseguenza ciascun componente, è stato poi assegnato ad una di queste categorie.

Per valutare i fornitori, l'azienda utilizza un indice, il *Vendor Rating*, che assegna a ciascuno di essi un punteggio percentuale che tiene conto, attraverso l'utilizzo di uno schema di pesi, di parametri qualitativi (40%), logistici (40%) e di servizio al cliente (20%). Tale indice tuttavia, è calcolato solo per i fornitori principali e non può essere dunque utilizzato per una classificazione completa. Si temeva inoltre che esso non riuscisse a incorporare tutta la variabilità che è spesso gestita manualmente dai pianificatori senza la generazione di segnali di ritardo o di reclami formali di cui si possa tener conto nel calcolo dell'indice. Per questo motivo si è deciso di adottare un metodo di valutazione qualitativa, basato sul giudizio dei responsabili della pianificazione. Per rendere più omogeneo il giudizio sono stati individuati tre livelli di affidabilità, Buona Media e Bassa, ed è stato richiesto di assegnare ciascun fornitore ad uno dei livelli, tenendo conto in particolar modo di ritardi, anticipi e correttezza delle quantità consegnate. Tale valutazione è stata poi confrontata con l'indice di cui sopra. L'analisi non ha evidenziato particolari discordanze, dunque si è deciso di utilizzare i giudizi dei pianificatori poiché completi di tutti i fornitori. Ogni classe di giudizio sull'affidabilità è stata rapportata a

una corrispondente variabilità della *supply*: in particolare una buona affidabilità corrisponderà a una bassa variabilità della *supply* e viceversa.

Le parti caratterizzate da un'affidabilità bassa sono state selezionate come punto d'inserimento dei buffer. Le tabelle seguenti evidenziano per ciascun prodotto finito i componenti, indicati attraverso il *part number*, per i quali si è scelto di introdurre un buffer. Essendo presenti parti acquistate da più fornitori si è scelto di considerare in questa fase il fornitore corrispondente alla valutazione peggiore.

SEL0591		
Part Number	Vendor Rating	Affidabilità
VBL129BB	57,5	Bassa

Tabella4: Parti selezionate per l'inserimento di un buffer nel tenditore di distribuzione

SE802		
Part Number	Vendor Rating	Affidabilità
VB470AA	56,7	Bassa
V151CA	56,7	Bassa
VN008EA	38,6	Bassa
VQ667AA	38,6	Bassa

Tabella 5: Parti selezionate per l'inserimento di un buffer nel tenditore ausiliare

4.2 *Demand Variability*: per quanto riguarda la variabilità della domanda avendo deciso di considerare soltanto due prodotti in questa prima fase, non è stato possibile effettuare una vera e propria classificazione. Si è deciso, quindi, di procedere analizzando l'andamento della domanda negli ultimi anni. I dati a disposizione, tuttavia, non rappresentano l'andamento della domanda vera e propria ma quello del volume di vendita negli anni 2018 e 2019, ritenuto comunque rappresentativo dell'andamento della domanda stessa nel corso dell'anno. Nonostante i valori siano cumulativi sul mese, e non consentano quindi di cogliere le variazioni a un maggiore livello di dettaglio, è comunque evidente la significativa variabilità che

caratterizza i prodotti in esame, nonché il notevole aumento dei volumi verificatosi tra il 2018 e il 2019, come mostrato dalla *Figura 16*. Il confronto con il personale coinvolto nella gestione della domanda dei clienti ha poi confermato i risultati precedenti.

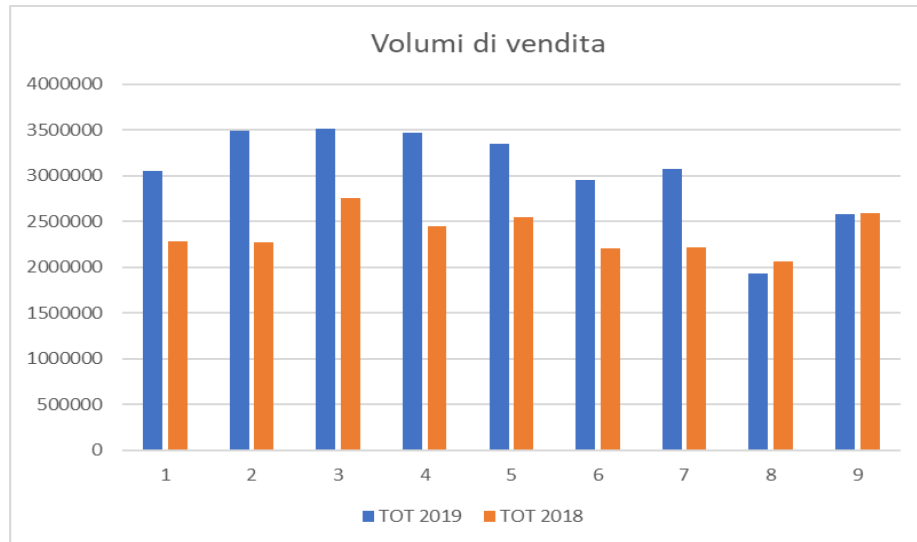


Figura 16: Andamento dei volumi di vendita dei tenditori analizzati nel 2018 e nel 2019

5. Inventory Leverage and flexibility: ci sono due elementi fondamentali da considerare in questa fase: i *lead time* dei componenti e il numero di prodotti finiti in cui ciascuna parte è impiegata.

Sono stati innanzitutto raccolti i dati riguardanti i *lead time* di ciascuna parte appartenente alla BOM dei prodotti considerati.

Come illustrato in precedenza, l'introduzione del DDMRP porta con sé il concetto nuovo di *Decoupling Lead Time* (DLT) ma a questo stadio dell'analisi esso non si applica poiché, non essendo ancora stati introdotti i buffer, non vi sono punti di disaccoppiamento. I *lead time* cui si fa riferimento sono il *Purchasing Lead Time* (PLT) per tutte le parti direttamente acquistate da fornitori esterni, e il *Manufacturing Lead Time* (MLT). Nel caso di molteplici fornitori per lo stesso prodotto sono stati indicati tutti i possibili LT e considerato il caso peggiore ovvero quello con il *lead time* più alto. Per ciascun prodotto sono stati identificati i componenti con LT maggiore lungo il percorso critico, questi sono stati selezionati per l'inserimento del buffer.

Come secondo parametro d'analisi si è scelto di considerare l'impiego di ciascuna parte, ovvero il numero di prodotti finiti o semilavorati in cui esso è utilizzato. È, infatti, d'immediata

comprensione come la gestione di elementi che trovano utilizzo su una grande varietà di prodotti finiti sia di maggiore complessità rispetto al caso in cui un componente sia destinato ad un unico prodotto.

Per questo motivo, sono stati selezionati per il posizionamento dei *decoupling buffer* tutti quei componenti che avessero un numero di impiego maggiore o uguale a dieci.

La *Tabella5* riassume gli elementi selezionati come possibili punti di disaccoppiamento in funzione dei due parametri appena descritti, nel caso di *part number* cui è assegnato più di un fornitore si considera in questa fase quello con il *lead time* maggiore.

DISTRIBUZIONE			
Part Number	LT [weeks]	LT [giorni]	Impiego su PF
VH039AB	4	20	10
VM172BA	13	65	4

Tabella 6: Parametri per la valutazione dell'Inventory Leverage and Flexibility per il tenditore di distribuzione.

AUSILIARE			
Part Number	LT [weeks]	LT [giorni]	Impiego su PF
VB470AA	12	60	9
VC021BB	2	10	42
VD029CA	12	60	19
VF151CA	12	60	9
VW263AA	13	65	16
VW188AA	13	65	40
VP232DA	13	65	1

Tabella 7: Parametri per la valutazione dell'Inventory Leverage and Flexibility per il tenditore ausiliare

6. Critical Operation Protection: per riuscire a sviluppare in modo appropriato questa fase dell'analisi è necessario andare ad analizzare attentamente il processo produttivo caratterizzante ciascuno dei prodotti considerati. La vicinanza al *plant* ha permesso di osservare in prima

persona e comprendere ciascuna fase produttiva e i flussi che la caratterizzano. Le considerazioni emerse dall'analisi sui tenditori, SEL0591 e SE802, sono molto simili. Questi essendo caratterizzati da volumi molto elevati, sono assemblati su linee automatiche dedicate. I processi, costituiti quasi esclusivamente da operazioni di assemblaggio, sono quindi molto semplici e la quasi totalità delle operazioni che li caratterizza è eseguita grazie ad un'unica linea, non emergono dunque criticità evidenti. La capacità produttiva delle macchine, inoltre, appare pienamente sufficiente per rispondere al fabbisogno produttivo medio giornaliero dei due tenditori e agli eventuali picchi di domanda, tale deduzione si basa sull'analisi del consumo medio giornaliero nel 2019.

Tenditore di distribuzione SEL0591					
Average Daily Usage (ADU) Gennaio a Settembre 2019	Media	221	p/h	4853	p/gg
	Massimo	259	p/h	5706	p/gg
Capacità Effettiva	Linea 26	200	p/h	4000	p/gg
	Linea 40 (Dedicata)	225	p/h	4500	p/gg
Tempo di Lavoro	Linea 26			22	h/gg
	Linea 40 (Dedicata)			22	h/gg
DLT (Calcolato in funzione dell'ADU massimo)		17	h	0,7	gg

Tabella 8: Parametri per la valutazione della capacità produttiva SEL0591

Tenditore Ausiliare SE802					
Average Daily Usage (ADU) Gennaio a Settembre 2019	Media	190	p/h	4170	p/gg
	Massimo	261	p/h	5751	p/gg
Capacità Effettiva	Linea 39 (Dedicata)	189	p/h	4158	p/gg
Tempo di Lavoro	Linea 39			22	h/gg
DLT (Calcolato in funzione dell'ADU massimo)		30	h	1,4	gg

Tabella 9: Parametri per la valutazione della capacità produttiva SE802

A questo punto attraverso l'intersezione dei risultati derivati da ciascuno dei precedenti passaggi, è possibile ipotizzare una prima distribuzione dei *decoupling buffer* per i prodotti considerati.

Osservando criticamente la distinta base così ottenuta, emergono alcune considerazioni. Per quanto riguarda i prodotti destinati all'*aftermarket*, non sembrano essere necessari successivi approfondimenti per il posizionamento dei buffer. L'ampio orizzonte di visibilità consente, infatti, di avere un livello di scorte minimo e limitato ai soli componenti il cui PLT è superiore alle otto settimane.

Ciò che è invece immediatamente evidente dall'osservazione della BOM per i prodotti destinati ai primi impianti, è che con tale configurazione l'azienda non è in grado di rispondere alla domanda del cliente nei tempi prestabiliti senza ricorrere all'utilizzo di previsioni. Nell'analisi dei *sales order horizon*, infatti, si erano collezionati i dati ma non erano state tratte conclusioni poiché di fatti l'informazione sull'orizzonte di visibilità diviene rilevante solo nel momento in cui quest'ultimo è confrontato con i LT delle parti.

Effettuando quindi tale confronto, ciò che si osserva è che per tutti i prodotti considerati questo orizzonte di visibilità è maggiore del MLT ma quasi mai del PLT delle parti che compongono gli item. Per questo motivo al fine di poter utilizzare i soli *sales orders*, come il metodo propone di fare, senza ricorrere alle previsioni di domanda, appare necessario disaccoppiare la fase di *purchasing* da quella di produzione.

Una possibile strada alternativa sarebbe la creazione di un buffer di disaccoppiamento sul prodotto finito. L'ipotesi è stata attentamente valutata per poi essere tuttavia scartata poiché il prodotto finito ingloba tutti i costi dei componenti da cui è costituito e in aggiunta i costi del lavoro necessari ad ottenerlo, ne consegue che una scorta di quest'ultimo avrebbe un costo sicuramente superiore di quello generato dalle scorte dei singoli componenti. Il costo del prodotto finito deriva, in particolare, dalla somma di cinque componenti:

$$\text{CostoProdottoFinito} = \text{CostoDelMateriale} + \text{CostoLavoro} + \text{CostoUnitarioVariabile} + \text{CostoUnitarioFisso}$$

Le voci di costo dell'equazione fanno riferimento alla singola unità.

Analizzando nel dettaglio i prodotti selezionati per l'applicazione del metodo è possibile in particolare identificare le percentuali associate a ciascuna delle voci che costituiscono il costo totale.

Costo Medio	Costo Materiale	Costo Lavoro	Costo Variabile	Costo Fisso	Costo Ammort.
SEL0591	82%	9%	1%	7%	1%
	82%	18%			
SE802	85%	6%	1%	6%	2%
	85%	15%			

Tabella 10: Allocazione % delle diverse fonti di costo

Si nota immediatamente, come per i tenditori considerati la principale fonte di costo sia proprio quella associata al materiale, ovvero nel caso in esame ai componenti che, assemblati, generano il prodotto finito. Tuttavia, in entrambi i casi il prodotto finito ingloba delle fonti di costo aggiuntive rispetto ai singoli componenti. Si supponga ad esempio di voler confrontare il costo della scorta unitaria di prodotto finito con quello di un'eventuale scorta di componenti, nel caso del tenditore di distribuzione, SEL0591, e si assuma per ipotesi che il costo associato complessivamente al prodotto finito sia pari a dieci euro. Si sottolinea in questa fase che per motivi di riservatezza aziendale non sono riportati i costi effettivi dei prodotti, i valori utilizzati in questo esempio sono stati ipotizzati in maniera del tutto casuale.

I costi associati alla scorta nei due casi saranno allora:

- $Costo(ScortaProdottoFinito) = 10 \text{ euro}$
- $Costo(ScortaComponenti) = 10 \text{ euro} * 0,82 = 8,2 \text{ euro}$
- $\Delta(CostoScorta) = Costo(ScortaPF) - Costo(ScortaComp) = (10 - 8,2) \text{ euro} = 1,8 \text{ euro} = 18\%$

L'esempio, seppur molto semplice, mette in luce le ragioni della scelta del posizionamento dei buffer, e dunque della scorta, su tutti i componenti piuttosto che sul prodotto finito. Infatti, un buffer di prodotto finito comporterebbe un costo aggiuntivo, pari al 18% nel caso del tenditore di distribuzione e al 15 % per quello ausiliare.

Tale costo sarebbe inoltre aggravato dal maggiore rischio di obsolescenza tecnica cui va incontro il prodotto finito. Nel settore *automotive*, infatti, i componenti destinati ad un motore

sono venduti ai primi impianti tendenzialmente per almeno dieci anni, e vi è l'obbligo di continuare a produrre per l'*aftermarket* nei dieci anni successivi al momento in cui si interrompe ufficialmente la produzione di una automobile. Se ne deduce che la vita utile di un prodotto finito Dayco dovrebbe essere almeno pari a venti anni. Tuttavia, da un punto di vista tecnico, un determinato componente destinato ad uno specifico motore è continuamente revisionato nel brevissimo periodo. Le modifiche seppur non sostanziali, ad esempio perché coinvolgono un singolo elemento del tenditore in questione, potrebbero rendere un eventuale *stock* di prodotto finito non utilizzabile e quindi soggetto ad obsolescenza tecnica. Chiaramente a questo stesso rischio sono esposte le singole parti, tuttavia è possibile che la modifica di un componente riguardi il suo utilizzo in un tenditore destinato ad uno specifico cliente, ma non negli altri in cui esso viene impiegato, grazie ai quali si potrebbe quindi riuscire a consumare la scorta. Anche qualora ciò non avvenisse, il rischio ricadrebbe solo sullo *stock* di quell'item e la perdita sarebbe comunque inferiore. Il costo aggiuntivo generato dalla scorta di prodotto finito quindi non è in alcun modo giustificato nell'ambiente produttivo in esame caratterizzato da tempi di produzione molto ridotti.

Tale strada è dunque esclusa e un buffer è posto in corrispondenza di tutte le parti che rendono il DLT del prodotto finito maggiore del *sales order visibility horizon*, *Figura17* e *Figura18*.

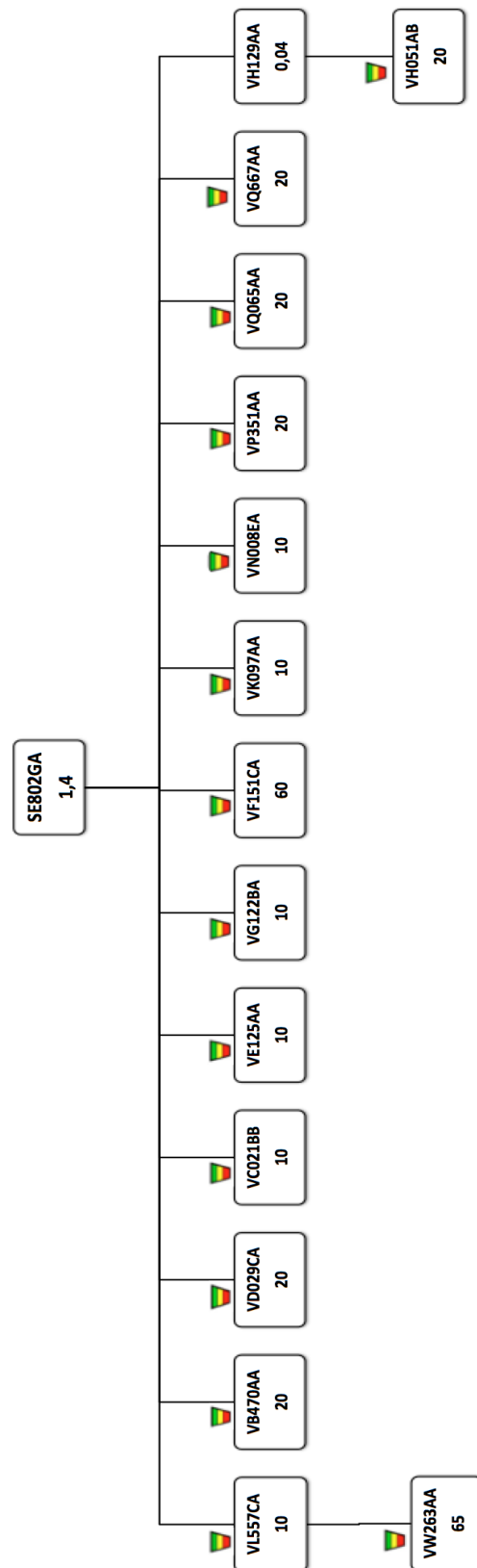


Figura18: Distinta base del tenditore ausiliare con i decoupling buffer

5.4.2 Buffer profiles and levels

Una volta completato il posizionamento, si entra nella seconda fase del metodo, quella che si occupa di costruire ciascun buffer. Infatti, affinché l'introduzione dei *decoupling points* si riveli efficace, è necessario garantire un adeguato livello di protezione degli stessi.

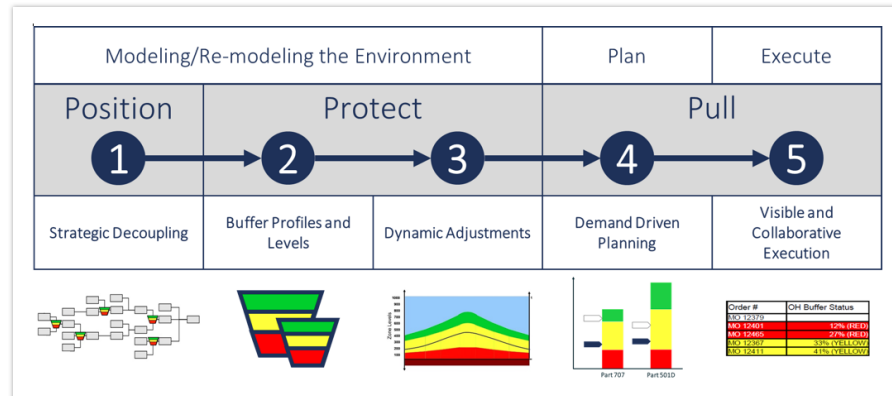


Figura 19: Fasi del Demand Driven Material Requirements Planning

Ptak e Smith illustrano l'esistenza di tre principali metodologie per la costruzione dei buffer, il cui impiego si differenzia in funzione della parte cui sono destinati e della complessità che ne caratterizza la gestione. Non esiste dunque un modo univoco di dimensionare i *decoupling buffer* che, infatti, possono essere dinamici o statici, strategici o non strategici e soggetti a vincoli più o meno ampi.

Tra le diverse metodologie esistenti, a essere oggetto di maggiore attenzione da parte degli autori, è quella destinata alle così dette *Replenished Parts*. Per questi prodotti si prevede la creazione di buffer strategici, caratterizzati da un codice basato su tre zone di colore, rossa, gialla e verde. Tali buffer sono costruiti in funzione di un insieme di parametri, alcuni tipici dell'ambiente produttivo altri dello specifico prodotto considerato, e hanno un carattere dinamico, i parametri sono controllati e aggiornati regolarmente ed eventuali variazioni di questi ultimi si ripercuotono anche sul livello delle zone del buffer.

Per quanto riguarda le altre due metodologie, ci si riferisce a esse sempre in funzione del tipo di prodotto cui meglio si adattano: *Replenished override Parts* e *Min-Max Parts*. La prima utilizza ancora una volta buffer strategici e basati su un codice a tre colori, ma si differenzia dalla tipologia precedente perché in questo caso essi sono statici. Le parti sono assegnate a questa

categoria quando vi sono vincoli che condizionano significativamente le scelte di pianificazione o livelli di scorta prestabiliti da rispettare, ad esempio a causa di accordi con i clienti, o di limiti di spazio etc. La terza tipologia, *Min-Max Parts*, considera invece tutti quei componenti non strategici e facilmente reperibili. I buffer in questo caso sono statici e utilizzano un codice con due sole zone di colore.

La tipologia principalmente utilizzata, ai fini dell'applicazione del DDMRP, è quella destinata alle *Replenished Parts*. Essa, come sopra accennato, prevede la creazione di *decoupling buffers* strategici e dinamici, suddivisi in tre zone ciascuna codificata con un diverso colore, rosso giallo o verde. Ogni zona serve uno scopo preciso e sarà dunque dimensionata di conseguenza.

The Green Zone

La zona verde rappresenta il fulcro del processo di generazione degli ordini. In particolare, essa determina la frequenza di emissione degli stessi e la loro dimensione media. Il valore della *green zone* può essere determinato secondo tre possibilità, di solito si svolge il calcolo in tutti e tre i modi e si assume come valore definitivo il maggiore tra i tre ottenuti.

1. *Minimum Order Cycle*: il MOC è il minimo intervallo temporale che separa due ordini. Talvolta tale valore è imposto dai propri fornitori, ma più spesso esso è semplicemente pari al numero medio di giorni che intercorrono tra due ordini successivi. La formula per il calcolo della zona verde in funzione del MOC è rappresentata dal prodotto del consumo medio giornaliero (ADU) per il *minumum order cycle* della parte considerata.
2. *Lead Time Factor*: si tratta di un fattore percentuale stabilito in relazione al *lead time*, la cui modalità di assegnazione sarà discussa in seguito. La formula in questo caso è: $ADU \times LTfactor \times DLT$.
3. *Minimum Order Quantity*: la MOQ rappresenta la quantità minima richiesta per poter effettuare un ordine. Non sempre gli ordini devono rispettare delle soglie, ma qualora ciò fosse previsto il livello della zona verde dovrebbe essere pari almeno alla MOQ.

In definitiva, quindi, il valore della zona verde sarà dato da:

$$Green\ Zone\ Level = MAX (ADU \times MOC; ADU \times LTfactor \times DLT; MOQ)$$

The Yellow Zone

La zona gialla è invece il cuore della copertura del magazzino. Essa dovrebbe dunque essere tale da soddisfare la domanda media del cliente durante il *decoupling lead time*. Il calcolo è semplice e immediato:

$$\text{Yellow Zone Level} = ADU \times DLT$$

The Red Zone

La zona rossa garantisce invece la sicurezza del buffer, di conseguenza essa sarà tanto più ampia quanto maggiore è la variabilità che caratterizza l'ambiente in cui ci si colloca.

Questo livello del buffer deriva in realtà a sua volta dalla somma di due contributi, la *Red Base* e la *Red Safety*. La prima pari al prodotto $ADU \times DLT \times LT \text{ factor}$, assume la funzione di una scorta di sicurezza dimensionata sul fabbisogno previsto per il DLT ma ridotta di un fattore percentuale che diminuisce all'aumentare del *lead time* stesso, maggiore sarà quindi il DLT maggiore sarà il valore della *Red Base*.

La *Red Safety* invece considera la variabilità associata all'ambiente produttivo, sia dal lato della *supply* sia da quello della domanda, attraverso un fattore percentuale che prende il nome di *Variability Factor*. Il valore della *red safety* si ottiene come prodotto di questo fattore di variabilità per la *Red Base*.

$$\text{Red Zone Level} = (ADU \times DLT \times LTf) + (ADU \times DLT \times LTf \times \text{VariabilityFactor})$$

Una volta calcolati i valori delle singole zone, dalla somma delle stesse si ottiene il livello complessivo del buffer.

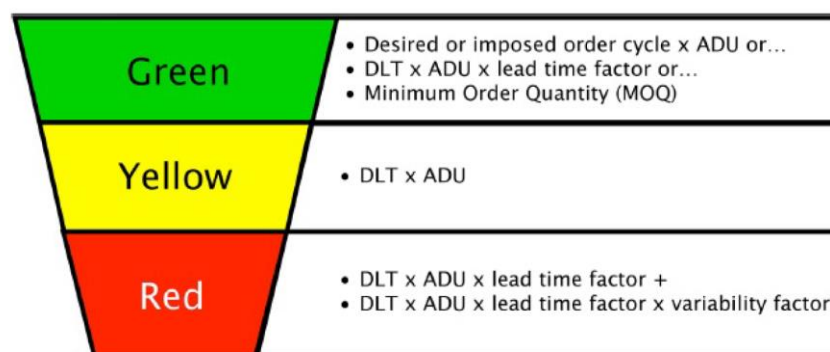


Figura 20: Equazioni per il calcolo del decoupling buffer

5.4.2.1. Dimensionamento dei buffer nel caso Dayco

Osservando le formule suggerite dagli autori per il dimensionamento, si nota immediatamente come esse siano caratterizzate da una scarsa complessità matematica, si tratta infatti di equazioni molto semplici che vedono coinvolte esclusivamente operazioni quali l'addizione e la moltiplicazione. La vera complicazione non è, infatti, nel calcolo in quanto tale ma piuttosto nella determinazione accurata dei parametri che definiscono le equazioni e da cui dipenderà poi la correttezza dei risultati.

Ai fini del dimensionamento dei buffer, s'identificano cinque parametri caratteristici per ciascuno dei codici presenti nelle distinte base considerate: ADU (*Average Daily Usage*), DLT (*Decoupled lead time*), *variability factor* e *lead time factor*, MOQ (*Minimum Order Quantity*).

1. *Average Daily Usage* (ADU)

Il primo parametro essenziale per il dimensionamento dei buffer è rappresentato dal consumo medio giornaliero di ciascuna parte. Essendo tale parametro calcolato come una media matematica è di fondamentale importanza l'orizzonte temporale considerato. Infatti, come Ptak e Smith sottolineano un orizzonte temporale eccessivamente ampio porterebbe ad un appiattimento dei risultati che cancellerebbe qualsiasi informazione sulla variabilità della domanda e su eventuali picchi o riduzioni della stessa. Viceversa, il consumo medio calcolato su un orizzonte particolarmente ridotto incorporerebbe l'effetto *bullwhip* trasmettendolo nel sistema, come accade con l'utilizzo del MRP.

L'ampiezza dell'orizzonte può essere calcolata sfruttando differenti tipologie di dati:

- *Analisi backward*: si calcola la media della domanda sulla base dei dati storici. È sconsigliato utilizzare un'analisi basata su dati che vanno oltre le dieci, dodici settimane nel passato poiché potrebbero essere significativamente differenti da quelli attuali.
- *Analisi forward*: si considerano solo i dati riguardanti i *sales orders* futuri. Il limite di questa tipologia è l'affidabilità delle previsioni, infatti, come illustrato in precedenza, uno dei punti cardine del DDMRP è costituito dal tentativo di basare la pianificazione sui soli ordini effettivi. Utilizzare previsioni di domanda incerte, poiché riferite a un orizzonte molto lontano, renderebbe dunque vana l'applicazione della metodologia.

Appare evidente allora come la scelta di utilizzare questa tipologia di dati limiti il periodo considerato per il calcolo alle settimane sulle quali si ha visibilità.

- Analisi *blended*: una terza possibilità è basare il calcolo sia su dati storici che sulla domanda futura. Valgono in questo caso ambedue le raccomandazioni delle tipologie precedenti.

Nel caso in esame, per il calcolo del consumo medio si è scelto utilizzare la terza tipologia citata. Infatti, da un lato sembra fondamentale utilizzare dati *forward* poiché il contesto produttivo della Dayco Ivrea è caratterizzato da una domanda fortemente variabile nel breve periodo e che ha visto, nel caso dei prodotti considerati, un significativo incremento dei volumi tra il 2018 e il 2019, che si prevede non si arresterà. I soli dati storici potrebbero quindi non essere rappresentativi dell'effettivo fabbisogno futuro. Dall'altro lato, tuttavia, il confronto con i pianificatori ha evidenziato come i dati *forward*, pur essendo forniti dai clienti in relazione fino a quattro/cinque settimane nel futuro, siano in realtà realmente affidabili su un orizzonte pari a due settimane, che non sarebbe dunque sufficiente per ottenere un valore medio non distorto dall'effetto bullwhip. Si è ritenuto, dunque, che l'utilizzo di entrambe le tipologie di dati potesse rappresentare la soluzione ottimale.

In particolare, il calcolo è stato effettuato considerando un orizzonte temporale pari ad undici settimane:

- Due settimane nel futuro: considerare un intervallo maggiore avrebbe comportato l'utilizzo di dati scarsamente affidabili provocando delle distorsioni dei risultati;
- Otto settimane nel passato: si è ritenuto che un arco temporale di circa due mesi fosse sufficiente ad assorbire l'effetto bullwhip mantenendo l'informazione sulla variabilità della domanda;
- La settimana corrente: ovvero quella in cui si effettua il calcolo.

Backward								Actual Week	Forward	
CW1-4	CW1-3	CW1-2	CW1-1	CW1-0	CW1-1	CW1	CW2	CW3	CW4	CW5

Tabella 11: Esempio di orizzonte temporale considerato per il calcolo dell'ADU. L'immagine fa riferimento alla terza settimana del 2020

I dati a disposizione in azienda rappresentano il consumo cumulativo sull'arco di una settimana, di conseguenza per ricavare il valore desiderato è necessario in primo luogo calcolare per ciascuna settimana il consumo giornaliero, indicato come $ADU(CWx)$ dove il valore assunto dalla "x" è funzione della *Calendar Week* in cui si esegue il calcolo. Tali valori sono poi a loro volta utilizzati per determinare il valore medio sulle undici settimane, in modo da ottenere il risultato desiderato, $\overline{ADU(CWx)}$.

$$\overline{ADU(CWx)} = \frac{\sum_{i=-8}^2 ADU(CWx + i)}{11}$$

2. Decoupling Lead Time (DLT)

Una delle principali innovazioni del DDMRP è proprio l'introduzione del concetto di *Decoupling Lead Time*, anticipato nel Paragrafo 4. Per procedere nella fase di dimensionamento è necessario individuare questo valore per ciascun elemento della distinta base dei prodotti considerati, esso dipenderà fortemente, oltre che dal posizionamento dei buffer, dal livello in cui la parte si colloca. Per questo motivo, prima di identificare il *Decoupling Lead Time* delle parti interessate dall'analisi, si è scelto di effettuare una classificazione delle stesse in funzione del ruolo che esse assumono nel ciclo di produzione, e di conseguenza del livello della distinta base a cui si collocano. Nel caso specifico della Dayco Ivrea è stato possibile individuare quattro macro-gruppi:

- *Purchased* o componenti (P): il gruppo include tutti i codici acquistati da un fornitore esterno al fine di essere introdotti nel ciclo produttivo interno all'azienda. Questi costituiscono il livello inferiore della distinta base, di conseguenza il DLT in questo caso coinciderà con il *Purchasing Lead time* di ciascuna parte.

- Commercializzati (C): si tratta di componenti acquistati da fornitori esterni e rivenduti immediatamente. Questi prodotti non entrano nel ciclo produttivo aziendale, per essi l'azienda svolge il ruolo puramente di tramite. Di solito i commercializzati sono costituiti da elementi al livello più basso della distinta base di un prodotto finito o ai suoi livelli intermedi, ma il loro fabbisogno non deriva dall'esplosione della distinta base. Non rientrano nell'analisi sviluppata, poiché destinati solitamente alle consociate non sono soggetti a scorte o a particolari vincoli sui *lead time* di consegna.
- Intermedi (I): a questo gruppo sono stati assegnati tutti quei codici che derivano da lavorazioni interne, i componenti che hanno quindi già subito operazioni di qualsiasi genere, tendenzialmente assemblati. Si collocano, quindi nei livelli intermedi della distinta base, cioè in tutti quelli che separano il livello più alto dal più basso. In questo caso il valore del DLT dipende dal posizionamento dei buffer. Infatti, se al livello immediatamente inferiore è presente un buffer, il DLT coinciderà con il MLT del prodotto considerato; in caso contrario sarà necessario sommare a tale MLT tutti i *lead time* dei componenti che lo precedono, fino al buffer più vicino.
- Finiti (F): tutti i codici che rappresentano il prodotto finito, pronto per la vendita. Costituiscono il livello più alto della distinta base. In questo caso il calcolo del DLT è analogo a quello dei prodotti intermedi (I).

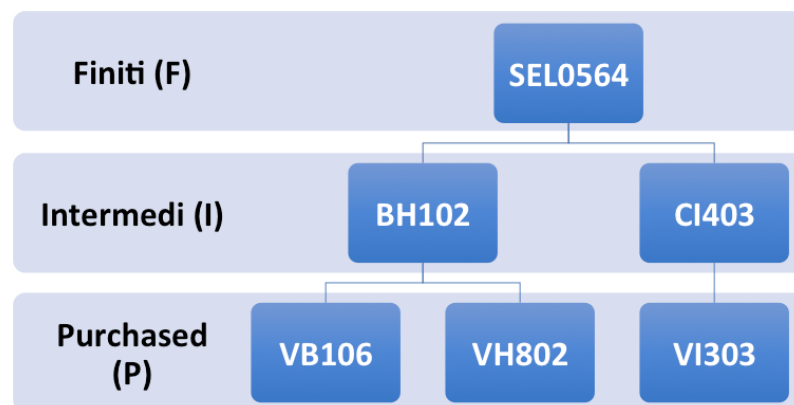


Figura 21: Esempio di classificazione degli elementi di una BOM

Tale classificazione assume un ruolo fondamentale nell'identificazione dei DLT, rendendo d'immediata comprensione il posizionamento di ciascuna parte nella struttura del relativo prodotto finito. Da qui in avanti, per maggiore chiarezza, si farà riferimento alle classi sopra menzionate.

Come evidenziato in precedenza, la maggioranza delle parti prese in esame appartiene alla classe dei componenti (P), e di conseguenza per esse il DLT coincide con il *lead time* del fornitore, il minimo intervallo di tempo che intercorre tra l'invio dell'ordine al fornitore e la ricezione della merce da parte dello stesso, in tale intervallo non è possibile modificare gli ordini.

Il *purchasing lead time* è funzione del fornitore e della tipologia di prodotto richiesto; lo stesso fornitore può però garantire *lead time* differenti in funzione dei componenti ordinati, di fatti prodotti diversi avranno probabilmente tempi di lavorazione, domanda, capacità delle macchine differenti. In Dayco tuttavia, si è scelto di concordare un unico *purchasing lead time* per ciascun fornitore, a prescindere dal prodotto considerato, laddove quindi un'unica azienda consegna molteplici componenti, il PLT è calcolato in funzione di quello che necessita dell'intervallo di tempo maggiore.

3. *Lead Time Factor*

Il terzo parametro necessario per il dimensionamento dei buffer è il così detto *lead time factor*, un valore percentuale che, come accennato in precedenza, dipende dal *lead time* del prodotto e influenza le dimensioni della *Red Base* e della *Green Zone*. Gli autori suggeriscono che al crescere del DLT sia preferibile scegliere un valore del *lead time factor* inferiore, riducendo di conseguenza le dimensioni della zona verde, nel tentativo di avere ordini caratterizzati da una maggiore frequenza e da dimensioni minori. Infatti, l'impatto di un eventuale ritardo, o della cancellazione di una spedizione, su ordini poco frequenti d'ingenti quantità di materiale potrebbe essere tale da causare l'interruzione del flusso lungo la *supply chain*, il rischio associato invece a ordini piccoli e frequenti è significativamente inferiore, così come le conseguenze di eventuali *disruption* delle spedizioni.

Al fine di individuare tale parametro, con l'aiuto dei responsabili della pianificazione, sono state identificate tre fasce, dimensionate in modo da includere tutti i *lead time* dei prodotti attualmente presenti in azienda, che suddividessero rispettivamente l'insieme di valori associati

ad un *lead time* alto, medio e basso. In particolare, si è scelto di considerare basso qualsiasi valore di *lead time* inferiore alle due settimane lavorative, ovvero dieci giorni, poiché come visto nel calcolo dell'ADU questo è l'orizzonte temporale in cui le previsioni inviate dal cliente sono altamente affidabili e consentono quindi un preciso dimensionamento degli ordini. La seconda fascia identifica un *lead time* medio e assume come estremo superiore un valore pari a cinque settimane lavorative, corrispondenti, nella maggior parte dei casi, all'orizzonte temporale per il quale sono disponibili le previsioni dei clienti, seppur non molto affidabili. Oltre i venticinque giorni il *lead time* è considerato alto.

Decoupling Lead Time [giorni]	Livello	LT Factor
$0 \leq DLT \leq 10$	Basso	0,7
$11 \leq DLT \leq 25$	Medio	0,5
$26 \leq DLT$	Alto	0,3

Tabella12: Classificazione dei decoupling lead time e dei conseguenti lead time factor

A ciascun livello della classificazione precedente è necessario far corrispondere un valore percentuale che entrerà poi nel calcolo del dimensionamento dei buffer. Gli autori del metodo suggeriscono per ciascuna classe un intervallo percentuale adatto, all'interno del quale sono stati selezionati i valori utilizzati nel caso in esame. La scelta, *Tabella10*, è stata quella di selezionare un valore che fosse all'incirca intermedio.

4. Variability Factor

Nella fase di *Inventory Positioning*, è già stata considerata la variabilità associata a ciascun item in relazione sia alla domanda sia alla *supply*. L'analisi, tuttavia, è stata effettuata da un punto di vista prettamente qualitativo e dovendo procedere all'effettivo dimensionamento dei buffer, si è preferito, in questa fase, selezionare un parametro che fosse basato su un'analisi quantitativa. A tal fine, il *variability factor* per ciascun buffer è stato calcolato come coefficiente di variazione o deviazione standard relativa, determinato dall'equazione:

$$Coefficiente\ di\ Variazione\ (\widehat{\sigma^*}) = \frac{\hat{\sigma}}{\bar{x}}$$

Tale coefficiente esprime la dispersione dei dati intorno al valore medio, e quindi la loro variabilità, infatti, $\hat{\sigma}$ rappresenta la deviazione standard campionaria e $\bar{x}$ la media. In particolare, volendo nel caso specifico considerare la variabilità di ciascun prodotto, si è deciso di calcolare il *variability factor* del consumo medio giornaliero (ADU):

$$Variability\ Factor = \frac{\sigma(\widehat{ADU})}{\overline{ADU}}$$

Il campione su cui l'indice è calcolato è rappresentato dai valori assunti in ciascuna delle undici settimane considerate per il calcolo dell'ADU. Tali valori possono variare di settimana in settimana, e di conseguenza lo stesso sarà per il fattore di variabilità.

5. *Minimum Order Quantity* (MOQ)

Una delle tre possibilità per il calcolo della *Green Zone*, prevede l'utilizzo della MOQ. Non sempre questo parametro è definito per tutti i prodotti, esso varia in funzione degli accordi con i fornitori, che potrebbero valutare anche la possibilità di non prevedere nessuna dimensione minima dell'ordine.

Nel caso della Dayco Ivrea, i *team* responsabili della logistica e degli acquisti hanno lavorato al fine di ottenere che la MOQ fosse fissata pari al multiplo d'imballo, dove con questo termine s'intende generalmente la quantità contenuta in un pallet di prodotto. La scelta semplifica nettamente la gestione dei trasporti e del magazzino, in cui i prodotti sono depositati proprio sotto forma di pallet fino al momento in cui saranno utilizzati. Nei pochissimi casi in cui il fabbisogno medio dell'azienda è significativamente inferiore del multiplo d'imballo standard, la MOQ è fissata pari al più piccolo imballo possibile che è di solito rappresentato da una scatola, alternativamente non è fissata una soglia minima.

I parametri appena descritti sono dunque stati individuati per ciascuno dei *part number* considerati, e attraverso le formule esplicitate nel paragrafo precedente, si è potuto procedere al

dimensionamento effettivo, la *Tabella11* riporta a titolo di esempio i valori ottenuti per il dimensionamento del buffer nel corso della *calendar week* tre per alcuni dei codici considerati. Nel caso in esame, alcuni componenti sono riforniti da fornitori differenti, ai quali corrispondono dunque anche valori diversi dei parametri di dimensionamento, come ad esempio il DLT o la MOQ. In questi casi il fabbisogno è suddiviso tra i fornitori secondo un valore percentuale stabilito dall'ufficio acquisti. Per queste parti, dunque, il livello del buffer è stato individuato come somma dei contributi calcolati in funzione dei parametri concordati con ciascun fornitore. Ne consegue che, al variare delle percentuali di assegnazione dei fornitori, potrebbero variare significativamente anche i livelli del buffer.

Codice	MOQ	ADU *MOC	ADU*DL T* LTF	Green Zone	Yellow Zone	Red Base	Red Safety	Red Zone	Totale buffer
VCL106AB	25.000	38.079	38.079	38.079	54.399	38.079	8.807	46.886	139.365
VB470AA	8.000	38.059	54.370	54.370	108.740	54.370	12.620	66.990	230.100
VD029CA	11.500	50.907	72.725	72.725	145.449	72.725	12.488	85.213	303.387

Tabella13: Dimensionamento dei Decoupling Buffer

5.4.3 Dynamic Adjustments

La fase di protezione dei *decoupling points* non coinvolge solo il dimensionamento, infatti, i buffer hanno un carattere dinamico, ed è quindi necessario valutare eventuali variazioni nel tempo degli stessi. È possibile allora definire dei fattori di aggiustamento attraverso i quali intervenire. Questi in particolare si dividono in due tipologie: *Recalculated Adjustment Factors* e *Planned Adjustment Factors*.

1. Recalculated Adjustment Factors

Le equazioni che regolano il livello di protezione dei punti di disaccoppiamento nella maggior parte dei casi sono costruite attraverso l'impiego di parametri dinamici, che subiscono modifiche nel corso del tempo a causa del cambiamento delle condizioni in cui si opera in

termini di domanda e di rapporti contrattuali con i fornitori. La variazione di uno o più di questi elementi genera quindi una corrispondente fluttuazione automatica nei livelli del buffer. In particolare, i parametri dinamici che causano variazioni sono l'ADU, i *lead time* e la MOQ. I primi due avranno un impatto maggiore del terzo poiché coinvolti, a differenza di quest'ultimo, nel dimensionamento di tutti e tre i livelli del buffer, si parla in questo caso di aggiustamenti automatici.

2. Planned Adjustment Factors

Ptak e Smith suggeriscono la possibilità di prevedere però anche degli aggiustamenti pianificati, in altre parole inserire delle forzature ai livelli del buffer, che consentano un innalzamento o una riduzione degli stessi in funzione di specifiche necessità. I parametri su cui sono basate tali variazioni sfruttano le informazioni che derivano da analisi storiche o strategiche dei dati a disposizione. Queste forzature di solito interessano la domanda in *input*, i *lead times*, o ancora le diverse zone del buffer:

- *Demand Adjustments Factor (DAF)*: tra i fattori citati, il primo è sicuramente quello che trova maggiore applicazione. IL DAF è utilizzato per manipolare il consumo medio giornaliero inserito in input nel calcolo dei buffer portandolo ad assumere un valore desiderato. Si utilizza di solito in seguito ad improvvisi cambiamenti della domanda, o per produzioni che risentono di un andamento stagionale o ancora quando si hanno transazioni dello stato di un prodotto, che ad esempio è stato appena introdotto nel portafoglio dell'azienda o viceversa la cui produzione sta per terminare.
- *Zone Adjustments Factor*: come illustrato nel capitolo dedicato al dimensionamento, ogni zona del buffer serve uno specifico obiettivo ed è dimensionata di conseguenza. Intervenendo, dunque, su di una specifica porzione del buffer, attraverso gli *ZFA*, cambia la risposta a questi propositi, ad esempio una modica della *Green zone* avrà un impatto sulla frequenza degli ordini e sulle dimensioni degli stessi, o ancora un aggiustamento della zona rossa potrebbe essere previsto qualora si voglia agire sulla variabilità che caratterizza il buffer ma solo per uno specifico periodo di tempo.
- *Lead Times Adjustments Factor*: i fattori correttivi per i *lead times* possono essere utilizzato in tutti i casi in cui una o più parti sono interessate da una modifica dei tempi di consegna considerati in fase di dimensionamento per un periodo prolungato di tempo,

ma non in maniera definitiva, ad esempio a causa della chiusura di una strada per lavori, di un guasto significativo ad una linea di produzione etc.

5.4.3.1. *Adjustment Factors in Dayco*

Nel caso in esame, si è scelto di non inserire fattori di aggiustamento pianificato. Nell'arco temporale che ha interessato lo studio, non vi sono stati, infatti, cambiamenti rilevanti in termini di *lead times* o nell'ambiente produttivo tali da generare la necessità di agire sulle zone dei buffer o di modificare gli *input* in termini di DLT. Per quanto riguarda l'andamento della produzione, esso non ha sicuramente un carattere stagionale, la variabilità che caratterizza la domanda, infatti, non è ciclica ma si distribuisce in maniera irregolare nel corso dell'anno. Ciò che si può evidenziare osservando i dati sui volumi di vendita è il calo decisivo che caratterizza la domanda nel mese di agosto, a causa probabilmente delle ferie estive tipiche del periodo. Si è dunque valutata la possibilità di inserire un *Demand Adjustments Factors* che incorporasse questa riduzione del fabbisogno, tuttavia in un secondo momento l'idea è stata scartata poiché, avendo scelto di calcolare l'ADU utilizzando dati che includono due settimane di previsioni future, si ritiene che la sensibilità del buffer alle variazioni della domanda sia sufficientemente alta da consentirne il corretto adattamento anche al calo particolarmente deciso che interessa questo mese.

È stato invece analizzato l'andamento dei livelli di buffer nel tempo legato ai soli *Recalculated Adjustment Factors*, al fine di evidenziarne la variabilità. Questa è incorporata nel buffer attraverso due fattori: l'ADU e il *Variability Factor*. Entrambi aggiornati settimanalmente, poiché il sistema aziendale consente l'estrazione dei dati cumulativi sulla settimana.

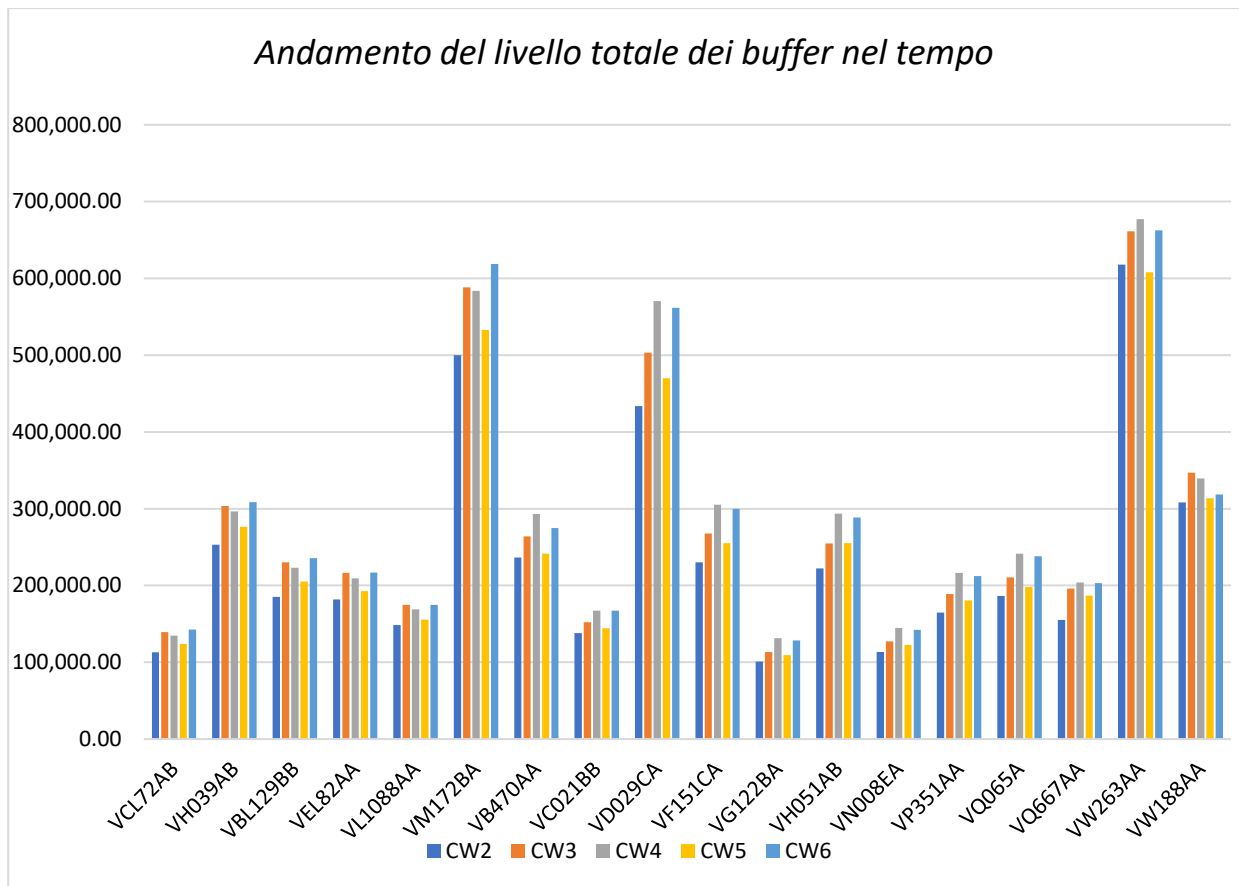


Figura 22: Variazione del livello totale dei buffer tra la CW2 e la CW6

La *Figura22* mostra come il valore del livello dei buffer varia di settimana in settimana, in funzione della differenza nel consumo medio giornaliero e del *Variability Factor*. L'immagine non mostra tutti i buffer inseriti, infatti, alcuni dei *part numbers* considerati nell'analisi assumono nel tempo valori quasi identici, dunque per questi componenti si è scelto di rappresentare solo un codice al fine di migliorare la leggibilità del grafico ed evitare ridondanze.

Osservando i risultati ottenuti, si può notare come in generale l'andamento dei diversi buffer nel tempo sia molto simile, tale comportamento sembra ragionevole poiché si tratta di componenti impiegati nella maggior parte dei casi sugli stessi prodotti finiti. Inoltre, pur presentando un'evoluzione tra le diverse settimane in linea con quella degli altri componenti, si nota immediatamente il volume significativamente superiore di tre elementi: VM172BA, VD029CA, VW263AA. Tale risultato è facilmente comprensibile se si osservano i *decoupling lead times* di

queste parti che, compresi tra i sessanta e i sessantacinque giorni, assumono valori nettamente superiori degli altri, richiedendo di conseguenza un livello di scorta maggiore.

Tali componenti sono, inoltre, anche quelli per i quali è stata evidenziata la maggiore variabilità nelle cinque settimane considerate, si nota come osservandone l'andamento ad un più alto livello di dettaglio è possibile confermare la similitudine delle oscillazioni che li caratterizzano.

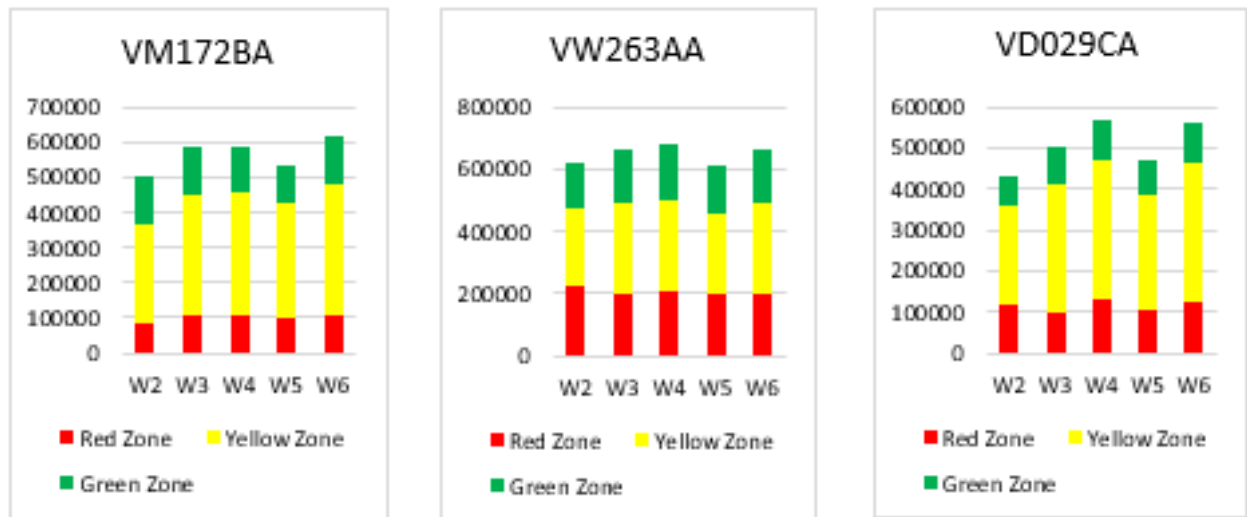


Figura23: Andamento nel tempo dei buffer che hanno mostrato la maggiore variabilità

5.4.4 Demand Driven Planning

Il dimensionamento dei buffer e l'individuazione di eventuali fattori di aggiustamento degli stessi chiudono la fase di protezione dei *decoupling buffer* lasciando spazio alla pianificazione e all'esecuzione vera e propria.

Come precedentemente accennato, alla base del DDMRP vi è il tentativo di utilizzare ai fini della pianificazione solo gli ordini effettivi dei clienti, eliminando le previsioni di domanda che sono considerate una delle principali cause dell'effetto *bullwhip*. Questo è reso possibile dall'introduzione dei *decoupling points*.

Utilizzando le informazioni sui *sales orders*, si costruisce un'equazione, che prende il nome di *Net Flow Equation*, sulla quale si basa la pianificazione giornaliera. La *Net Flow Equation* fornisce il segnale di generazione degli ordini, in termini di tempo e quantità. Essa è una delle

principali innovazioni del DDMRP. Si tratta di una semplice equazione utilizzata in relazione alle informazioni racchiuse nei *decoupling buffer*, e così strutturata:

$$NetFlowPosition(T) = OnHand(T - 1) + OnOrdes (T - 1) - QualifiedSalesOrderDemand(T)$$

I termini che caratterizzano l'equazione, dunque, sono:

- *OnHand*: la quantità di scorta fisicamente disponibile in azienda;
- *OnOrder*: la quantità di *stock* che è stata ordinata ma non ancora ricevuta. Essa può essere rappresentata da un unico ordine, o dalla somma di più ordini non ancora ricevuti, ovvero in ritardo rispetto ai tempi previsti;
- *Qualified Sales Order Demand*: è la somma dei *sales orders* previsti per il giorno considerato, di quelli inevasi, per i quali cioè si è in ritardo, e dei picchi qualificati.

Attraverso la *Net Flow Equation* è possibile rispondere ai principali quesiti che sorgono quando si affronta la fase di pianificazione: cosa l'azienda possiede in questo momento e cosa sta per arrivare, quali sono gli ordini dei clienti, e se vi sono dei picchi di domanda significativi attesi per il futuro. Come si può notare l'equazione che regola il calcolo della posizione netta è molto semplice, occorre tuttavia definire adeguatamente i termini che la caratterizzano e in particolare secondo quali parametri identificare i picchi di domanda, o *order spike*.

I picchi qualificati sono definiti in relazione a due condizioni: la finestra temporale entro cui un *order spike* è considerato tale, *order spikes horizon*, e il livello quindi la quantità che lo qualifica, *order spikes threshold*.

Quest'ultimo, l'**Order Spike Threshold (OST)**, è appunto il livello che determina un picco di domanda in un determinato ambiente. Per ciascun *part number* si sommano gli ordini dei clienti in ciascun giorno, e si confronta il valore così ottenuto con la soglia stabilita, se esso è superiore allora l'intero ammontare è incorporato nel calcolo della *Net Flow*. Si sceglie di includere l'ammontare complessivo del picco, e non solo ciò che supera la soglia, in un'ottica conservativa, per proteggersi ulteriormente da eventuali picchi futuri.

Per determinare il valore dell'OST, che dipenderà dal livello di domanda giornaliera che si ritiene possa compromettere l'integrità del buffer, Ptak e Smith illustrano tre principali alternative. La prima possibilità è quella di guardare ad un picco in relazione al consumo potenziale della *red zone* da esso causato, sotto questo punto di vista quindi la soglia può essere

considerata come una percentuale del valore di questa zona del buffer, che euristicamente si considera pari a 0,5.

Una seconda alternativa invece prevede di considerare la soglia pari al valore della *red base*, ogni valore superiore a questa soglia penetrerebbe infatti il livello della *red zone* destinato alla protezione del buffer dalla variabilità dell'ambiente produttivo, ovvero la *red safety*. Infine, il terzo metodo, spesso considerato più intuitivo, lega la soglia al consumo medio giornaliero, secondo questo approccio l'OST potrebbe ad esempio essere considerato pari ad un multiplo dell'ADU, il fattore moltiplicativo è spesso validato attraverso l'impiego di dati storici. Ovviamente ciascuna delle precedenti possibilità porterà risultati diversi, nella maggior parte dei casi il metodo più conservativo è quello euristico, $OST = 0,5 * Red\ Base$, esso restituisce infatti un valore della soglia inferiore a quello degli altri due metodi, generando un livello d'inventario mediamente superiore ma riducendo il rischio sul livello di servizio. Indipendentemente dal metodo scelto, il valore dell'*Order Spikes Threshold* dovrebbe essere compreso all'interno dei limiti della *Red Zone*, infatti essendo questa la zona che garantisce la sicurezza del buffer, scegliere una soglia dei picchi di domanda superiore esporrebbe il buffer al rischio di avere una copertura insufficiente.

L'*Order Spike Horizon (OSH)*, invece è la finestra temporale all'interno della quale la domanda cumulativa giornaliera, nel caso in cui superi il livello scelto per la OST, può essere qualificata come picco. Qualora invece la stessa quantità sia individuata oltre questo orizzonte temporale essa non può essere considerata picco qualificato. In generale, l'OSH dovrebbe essere assunto almeno pari al *decoupling lead time* della parte considerata così da consentire al buffer di compensare adeguatamente il picco.

Sorge spontaneo chiedersi come mai se, come si è detto precedentemente, la domanda è il migliore *input* possibile, non si considerano nel calcolo della posizione netta tutti i *sales orders* noti. La scelta è in realtà legata alla natura dei buffer, infatti essi sono costruiti per assorbire la normale variabilità della domanda, quindi considerarla nel calcolo della *Net Flow Equation* significherebbe tenerne conto doppiamente, ciò che invece è necessario fare è reagire quando ci si trova di fronte a una variazione di domanda tale da rendere la naturale risposta del buffer insufficiente.

Da notare inoltre è che i picchi continuano a essere considerati ogni giorno da quando sono qualificati la prima volta fino al momento in cui si verificano effettivamente, ciò è necessario

per bilanciare la quantità di *on-orders* generata a seguito dell'inclusione del picco, se così non fosse infatti la posizione netta sarebbe condizionata da un apparente eccesso di ordini in arrivo che causerebbe una sottostima degli ordini futuri.

Una volta noto il valore della *Net Flow Position*, che dovrebbe essere ricalcolato quotidianamente, il processo di generazione degli ordini appare facile ed intuitivo. Quando la posizione netta del buffer è pari a un valore inferiore alla *Top Of Yellow*, il sistema genera un suggerimento d'ordine per un valore corrispondente alla differenza tra la *Top of Green* e la *Net Flow Position*. Tuttavia, solo quando l'ordine diventa effettivo, si ha una variazione della posizione netta del buffer.

Un ulteriore aspetto fondamentale ed innovativo del DDMRP è quello delle *Planning Priority*, con questo termine si indica in realtà semplicemente un modo differente di esprimere la posizione netta, che la vede rappresentata come percentuale della *Top of Green*, minore è il valore percentuale maggiore sarà il grado di priorità dell'ordine da generare. Oltre che come valore percentuale, la *Planning Priority* è di solito rappresentata con il colore della zona del buffer in cui il valore della *Net Flow Position* cade, in questo modo si fa corrispondere ai diversi gradi di priorità anche un immediato impatto visivo, se la *net flow* si trova nella zona rossa ad essa sarà legato un ordine certamente più urgente rispetto a quello che si avrebbe nel caso in cui essa si trovi nella zona gialla.

Le *planning priority* sono quindi espresse mediante due codifiche, valore percentuale e colori, entrambe di immediata comprensione. Il vantaggio di questo sistema di pianificazione apparentemente banale sta proprio nella sua semplicità e immediatezza che sono tanto più importanti quanto maggiore è la complessità dell'ambiente in cui ci si trova e il numero di buffer da gestire. L'inserimento di queste priorità è uno degli aspetti che differenzia significativamente questo nuovo metodo dal MRP. Nel *Material Requirements* tradizionale, infatti, il segnale di generazione degli ordini è molto netto, è o non è necessario ordinare, il sistema non è in grado di cogliere delle sfumature, i fabbisogni delle diverse parti non sono messi in relazione nel calcolo del sistema e il compito di valutare le differenti priorità degli ordini è affidato ai pianificatori, ciò ovviamente genera frequenti errori e richiede una grande quantità di tempo. Nel DDMRP invece i pianificatori possono immediatamente notare quali sono gli ordini più urgenti senza dover analizzare i dati nello specifico, la trasmissione di quest'informazione è immediata.

5.4.4.1 Demand Driven Planning in Dayco

Come illustrato nel paragrafo precedente, confrontando la *Net Flow Position* con il valore dei buffer, che rappresenta l'*output* della fase di dimensionamento, è possibile ottenere il segnale di generazione degli ordini. La posizione netta è dunque la chiave di questa fase del metodo, e l'equazione che ne consente il calcolo è legata a due fattori che non è possibile ottenere attraverso la sola analisi dei dati ma che richiedono un processo decisionale proprio della specifica azienda: l'*Order Spikes Threshold* e l'*Order Spikes Horizon*. La scelta di questi parametri è stata dunque eseguita grazie ad un'attenta analisi dell'ambiente produttivo in esame e al confronto con il personale responsabile della pianificazione. In particolare, per quanto riguarda l'orizzonte degli *order spikes* esso è stato assunto, per tutti i buffer dimensionati, pari a cinque giorni lavorativi date le seguenti considerazioni:

- Nessun componente è caratterizzato da un *decoupling lead time* inferiore, quindi non sarebbe utile stabilire un orizzonte più piccolo poiché come si è detto l'OSH dovrebbe essere almeno pari, ove possibile al DLT.
- La domanda del cliente è attendibile fino a un valore massimo pari a due settimane, ovvero dieci giorni lavorativi. Oltre queste settimane, le previsioni inviate dai clienti sono spesso anche significativamente diverse dagli ordini che verranno poi consolidati. Considerare quindi dei picchi legati alle previsioni oltre i dieci giorni, esporrebbe eccessivamente al rischio di un errato dimensionamento degli ordini.
- I clienti inviano gli ordini con un livello di dettaglio giornaliero solo fino a un massimo di cinque giorni, oltre quest'orizzonte i valori a disposizione sono cumulativi del fabbisogno settimanale, non è possibile quindi utilizzare questi ordini per prevedere un picco o meglio è possibile calcolarlo come media giornaliera ma non si è in grado di risalire al giorno preciso in cui esso si colloca.

Per quanto riguarda, invece, l'OST si è scelto di utilizzare il primo metodo descritto, ovvero quello euristico. Per ciascun buffer quindi la soglia quantitativa, oltre la quale la domanda cumulativa del giorno è considerata un picco, è pari alla metà del valore della *Red Zone*. Tale metodo è stato selezionato in quanto più conservativo rispetto agli altri due presentati e poiché, non avendo dati storici accurati sulla domanda giornaliera, era difficile validare la scelta della soglia in questione, dunque si è preferito agire riducendo il rischio, anche se a scapito di un

maggior livello di inventario, si avrà infatti una soglia più bassa e di conseguenza picchi qualificati più frequenti che ridurranno il valore della *net flow position* causando la generazione del segnale di ordine.

Stabiliti valori che caratterizzano i picchi qualificati, la *Net Flow Equation* è stata facilmente calcolata per ciascun buffer utilizzando un foglio Excel appositamente strutturato ed è stato poi simulato il funzionamento del sistema. Per maggior chiarezza, l'illustrazione dei fogli di calcolo utilizzati e della simulazione sono riportati insieme nel paragrafo successivo.

5.4.5 Demand Driven Execution

Nello sviluppo del DDMRP vi è un'attenta distinzione tra le fasi di pianificazione e di esecuzione. Gli autori del metodo definiscono la pianificazione come: "*the process of generating supply order requirements using the net flow equation and the elements of decoupled explosion*". La fase di pianificazione termina quindi, come la definizione suggerisce, nel momento in cui il segnale di approvvigionamento generato dal sistema è approvato e l'ordine diventa effettivo.

La fase di esecuzione riguarda invece la gestione degli ordini aperti con particolare riferimento al valore dell'*on-hand* in corrispondenza di ciascun *decoupling points*. Il valore delle giacenze in magazzino può, infatti, essere compreso all'interno di un intervallo ottimale, oppure come più spesso accade, si possono verificare situazioni di *overstock* o *understock*, la difficoltà risiede proprio nella definizione dei confini tra queste diverse condizioni. Nel DDMRP essi sono individuati grazie confronto del livello di *stock* disponibile con le diverse zone del buffer. L'*Optimal Zone* rappresenta, infatti, l'intervallo di valori all'interno del quale dovrebbe essere idealmente sempre compreso il livello dello *stock*. Il valore è calcolato in funzione della zona verde del buffer e di quella rossa, in particolare:

$$\text{Optimal Zone} = [\text{Top of Red}; \text{Top of Red} + \text{Green Zone}]$$

La variabilità del sistema, sia dal lato domanda sia dal lato *supply*, può tuttavia portare le scorte al di fuori di questo intervallo in due direzioni: lo *stock* è considerato eccessivo, *overstock*,

qualora si superi l'estremo superiore dell'*optimal zone* o insufficiente, *understock*, se viceversa il valore delle scorte si trovi al di sotto dell'estremo inferiore della zona.

In questi due casi, è tuttavia possibile introdurre un'ulteriore distinzione in funzione della maggiore o minore prossimità del livello di *on-hand* alla zona ottimale. Per quanto riguarda dunque la situazione di *overstock* si definisce innanzitutto una zona caratterizzata da una gravità lieve che prende il nome di *High Yellow*:

$$\text{High Yellow} = [\text{Top Of Yellow} ; \text{Top Of Yellow} + \text{Optimal Zone}]$$

La zona situata invece oltre questo intervallo è detta *High Red*, quando si raggiungono queste quantità lo *stock* assume valori eccessivi, con ripercussioni significative soprattutto in termini di costi. Lo stesso tipo di suddivisione può essere effettuato anche per le situazioni di *understock*: si definisce in tal caso una zona detta di *Low Yellow* appena sotto la *optimal zone*, caratterizzata da una lieve carenza nell'*on-hand*, e una detta *Low Red*, all'interno della quale lo scarso valore delle scorte espone l'ambiente ad un elevato rischio di rottura di *stock*, con conseguenti ripercussioni sul livello di servizio e sui costi. Poiché le dimensioni del buffer variano dinamicamente anche gli intervalli che definiscono le zone dovranno essere ricalcolati di volta in volta. La *Figura 24* illustra la suddivisione delle diverse aree appena descritte.



Figura 24: Suddivisione in zone del Buffer Alert

Il confronto dello *stock* effettivamente disponibile con gli intervalli appena descritti fornisce un'indicazione dello stato del buffer, che prende il nome di *buffer alert*, attraverso cui è possibile osservare i *decoupling points* e valutarne l'efficacia. Il livello di *on-hand(t)* può infatti essere rappresentato con un codice di colori analogo a quello utilizzato nella fase di dimensionamento, come in *Figura 24*, che renda evidente il posizionamento delle scorte all'interno di una delle zone identificate. Il sistema restituisce un segnale di allarme quando l'*on-hand* si trova nella zona del *Low Red*, infatti, in assenza della copertura che dovrebbe essere garantita dalla presenza di scorte, il *decoupling point* perde la sua funzionalità consentendo la trasmissione della variabilità lungo la *supply chain*. Come nel caso delle *Planning Priority* lo stato del sistema può essere espresso anche come valore percentuale calcolato attraverso il rapporto del valore dell'*On-Hand(t)* e di quello della *TOR(t)*. La caratterizzazione del livello delle scorte attraverso un valore numerico semplifica ulteriormente la comprensione dello stato del sistema poiché rende immediato il confronto tra i diversi buffer differenti collocati ad esempio all'interno della stessa zona.

Nel caso di studio in esame, è stato calcolato lo stato del buffer per ciascun *decoupling points* e valutato l'andamento dell'*on-hand* nel tempo. Analogamente a quanto è stato sviluppato per il *planning*, poiché lo stato del sistema evolve nel tempo, al fine di valutarne l'andamento anche in termini di esecuzione è stato simulato il funzionamento del sistema.

5.4.6 Simulazione del Demand Driven Planning and Execution in Dayco

L'idea di applicare il metodo a un caso di studio nasce non solo al fine di comprendere a fondo i diversi aspetti della nuova metodologia ma anche con un interesse applicativo, valutare cioè la possibilità di introdurre il DDMRP in un ambiente produttivo quale quello della Dayco Europe o ad esso assimilabile. Si è deciso quindi di simulare il funzionamento del sistema, sia in termini di *planning* sia di generazione e ricezione degli ordini.

Per procedere alla simulazione vera e propria è stato necessario tuttavia fare delle assunzioni generali sul sistema per la maggior parte legate a vincoli dettati dalla disponibilità dei dati:

- Data d'inizio e di fine della simulazione: la data d'inizio è fissata al 6 Gennaio 2020 e quella di fine al 21 Febbraio 2020. La durata complessiva della simulazione è dunque pari a sette settimane.

- Si considerano cinque giorni lavorativi in ciascuna settimana, dal lunedì al venerdì. Non si tiene conto di possibili aperture straordinarie.
- Gli ordini a fornitori possono essere inviati in qualsiasi giorno lavorativo, quindi dal lunedì al venerdì.
- La merce può essere consegnata dai fornitori in qualunque giorno lavorativo della settimana. Non si è tenuto conto in questa simulazione di un eventuale sovraccarico delle risorse impiegate nel magazzino che potrebbe richiedere l'inserimento di vincoli sui giorni di consegna.
- Non vi sono ritardi nelle consegne da parte dei fornitori.
- I *Lead Time* sono costanti.

Inoltre, per poter intraprendere la simulazione è stato necessario fare delle ipotesi sullo stato iniziale del sistema (T_0), corrispondente alla data del 3 gennaio. Le scelte in questa fase sono state influenzate principalmente dal tentativo di eliminare il transitorio iniziale, con questo obiettivo si è cercato di individuare dei parametri che potessero corrispondere a quelli che di un sistema produttivo nel quale il DDMRP fosse già in uso da tempo:

- All'inizio della simulazione il livello totale del buffer è assunto pari all'estremo superiore dell'*optimal zone*:

$$\text{Upper level} = \text{top of red} + \text{green value}$$

- Il livello dell'*on-order* al tempo T_0 per ciascun codice è stato assunto pari al prodotto dell'ADU per il DLT.
- Gli ordini in arrivo per ciascun *part number* sono stati schedulati nel futuro di un numero di giorni pari alla metà del DLT di ciascuna parte. Fanno eccezione i cuscinetti per i quali il tempo di arrivo previsto è stato assunto pari al *decoupling lead time* medio delle altre parti. Infatti, poiché questi componenti hanno un DLT molto ampio maggiore della durata totale della simulazione, questa differenziazione è stata necessaria al fine di valutare la variazione di questi buffer anche in corrispondenza dell'arrivo di un'ipotetica fornitura.

Una volta determinate le ipotesi iniziali, per simulare il processo sono stati creati specifici fogli di calcolo tramite l'utilizzo del software Excel: una cartella di lavoro dedicata alla

pianificazione e all'esecuzione e una alla raccolta dei dati necessari a entrambe le fasi, non è possibile, infatti, estrarre i dati nella forma desiderata direttamente dal sistema informativo quindi è necessario raccogliarli in un file separato.

Raccolta dati

Tale cartella di lavoro racchiude quasi tutti i dati necessari al calcolo della *Net Flow Position* e alla generazione degli ordini. Per ciascun *part number* sono stati individuati quattro valori: l'*on-hand*, l'*on-order*, i *sales order* e gli arrivi. Si riportano di seguito le equazioni utilizzate:

- $On\ Hand(T) = On\ hand(T - 1) + Arrivi(T) - SalesOrder(T)$
- $On\ Order(T) = OnOrder(T - 1) - Arrivi(T) + OrdiniEffettivi(T)$ il termine relativo agli ordini effettivi rappresenta quelli emessi al tempo T, essi costituiscono di fatti l'*output* della fase di pianificazione.
- *Sales order(T)*: sono stati estratti dal portafoglio ordini dell'azienda. Essi rappresentano il vincolo maggiore in questa fase di simulazione, infatti, il sistema informativo aziendale non consente l'estrazione del dato nella forma desiderata, è necessario quindi ricavarlo manualmente per ciascuna parte esaminata. Tale operazione richiede dunque un lungo tempo di calcolo oltre ad aumentare significativamente la probabilità di errore. Inoltre, il portafoglio clienti è aggiornato giorno per giorno e il sistema non tiene traccia dello storico, è necessario quindi estrarre i dati nella data cui si è interessati. Di qui anche il limite sull'orizzonte della simulazione
- *Arrivi(T)*: il foglio raccoglie l'informazione sugli arrivi previsti per ciascun giorno, traslando gli ordini effettivi in funzione del DLT di ciascuno di essi.

Planning and execution

Il foglio di lavoro dedicato alla pianificazione e all'esecuzione permette innanzitutto di individuare il valore della posizione netta e le indicazioni sulla necessità o meno di effettuare gli ordini. In particolare, esso comprende quindi le informazioni su OSH e OST, che per semplicità sono stati calcolati insieme al dimensionamento dei buffer e poi qui riportati, e consente di richiamare giorno per giorno dal file Raccolta Dati i valori dell'*on-hand* (T-1), *on-order* (T-1) e *sales order* (T). Oltre ad essere richiamate tutte queste informazioni, in questo foglio di lavoro è stato predisposto il calcolo di due ulteriori parametri necessari alla

pianificazione: la domanda qualificata e un coefficiente per il dimensionamento degli ordini, chiamato appunto Coefficiente Ordine.

La domanda qualificata è ottenuta semplicemente sommando i picchi qualificati, calcolati in funzione di OSH e OST come illustrato in precedenza, e i *sales order* al tempo (t). La necessità di inserire il coefficiente d'ordine è legata invece alla presenza di un vincolo sulle dimensioni degli ordini che vengono effettuati, questi infatti nella maggior parte dei casi devono rispettare il multiplo di imballo, valore pari alla quantità contenuta in un pallet di dimensioni standard. Essendo i buffer dimensionati senza tener conto di questo parametro, il calcolo del fabbisogno da ordinare restituisce a sua volta un valore inadeguato. Per questo motivo dunque s'inserisce il coefficiente d'ordine calcolato come rapporto tra l'ordine teorico, che rappresenta il fabbisogno effettivo, e il valore del multiplo d'imballo, il risultato così ottenuto è poi approssimato all'intero immediatamente superiore. Moltiplicando questo coefficiente per l'ordine teorico si ottiene il valore dell'ordine che può effettivamente essere emesso.

Una volta quindi inseriti tutti i dati, è possibile calcolare il valore della *Net Flow Position* e confrontandolo con la TOY ottenere la *planning priority* e l'eventuale suggerimento di ordine.

Part Number	On Hand (T-1)	On order (T-1)	Qualified Demand	Net Flow	Planning Priority	Da ordinare	Ordine Teorico	Coeff Ordine	Ordine Eff
VCL106AB	88828	50000	2800	194402	96.12%	NO	0,00	0	0
VCL119AA	54210	57600	2800	109010	88%	NO	0,00	0	0
VCL72AB	58828	60000	2800	116028	94%	NO	0,00	0	0
VDL115BA	122402	72000	2800	191602	94%	NO	0,00	0	0

Tabella 14: Esempio di calcolo degli ordini

La seconda parte del foglio di lavoro è dedicata invece all'esecuzione. Qualora dunque vi sia un segnale di generazione di ordine, tramite il file si programma l'ordine effettivo e la data prevista per la consegna dello stesso, calcolata in funzione dei *lead time*. La *Tabella15* rappresenta un esempio di generazione degli ordini, il foglio come specificato contiene tutte le informazioni in output dalla fase di pianificazione, ma per chiarezza di rappresentazione non si riportano i parametri necessari al calcolo della *Net Flow Position* ma solo quelli caratterizzanti la generazione dell'ordine. I principali valori utilizzati nel calcolo della posizione netta sono comunque visibili nella *Tabella 14*.

Part Number	Net Flow	Planning Priority	Ordine Teorico	Da Ordinare	Coeff. Ordine	Ordine Eff.	Data Rilascio	Data Arrivo
VCL106AB	88828	72,40%	33865	SI	2	50000	20-feb	05-mar
VDL115BA	194402	96,12%	0	NO	0	0		
VH039AB	220203	78,87%	0	NO	0	0		
VKL91CA	114328	93,18%	0	NO	0	0		
VBL129BB	174884	86,31%	0	NO	0	0		
VGL241AA	100562	82,10%	0	NO	0	0		
VB470AA	290279	97,27%	0	NO	0	0		
VC021BB	143940	84,34%	0	NO	0	0		
VD029CA	590797	99,23%	0	NO	0	0		
VE125AA	120988	87,60%	0	NO	0	0		
VF151CA	316162	99,70%	0	NO	0	0		
VG122BA	131548	95,25%	0	NO	0	0		
VH051AB	248419	78,42%	0	NO	0	0		
VK097AA	125548	90,90%	0	NO	0	0		
VL557CA	120988	87,60%	0	NO	0	0		

Tabella 15: Esempio di programmazione degli ordini

Gli arrivi schedulati in questo foglio sono riportati nel file di Raccolta Dati, illustrato in precedenza, e andranno a incrementare i valori di *on-hand* e ridurre quelli di *on-order* nelle date individuate. Oltre alla programmazione degli ordini effettivi, nel medesimo foglio di lavoro si procede anche alla valutazione dello stato delle scorte tramite la generazione del segnale di *buffer alert*. La *Tabella16* mostra la valutazione dello stato del buffer per alcuni dei componenti analizzati in data 20/02, corrispondente al trentaquattresimo giorno della simulazione.

Il calcolo del fabbisogno e la programmazione degli ordini, così come la valutazione dello stato del sistema sono aggiornati quotidianamente.

Part Number	Low Red	Low Yellow	Optimal Zone	High Yellow	High Red	OnHand (t)	Buffer Alert %	Alarm
VCL106AB	20.683	41.366	74.854	164.059	197.547	88.828	215%	NO
VDL115BA	29.529	59.057	106.791	261.317	309.051	122.403	207%	NO
VH039AB	39.615	79.230	145.886	358.427	425.082	139.703	176%	NO
VKL91CA	20.683	41.366	74.854	164.059	197.547	123.328	298%	NO
VBL129BB	29.547	59.094	106.934	261.708	309.547	111.236	188%	NO
VGL241AA	20.670	41.340	74.754	163.828	197.242	100.562	243%	NO
VB470AA	46.143	92.286	149.857	390.716	448.287	200.279	217%	NO
VC021BB	31.071	62.143	106.830	232.811	277.498	71.941	116%	NO
VD029CA	76.194	152.389	254.622	747.789	850.022	299.298	196%	NO
VE125AA	25.945	51.890	87.395	190.005	225.510	82.109	158%	NO
VF151CA	45.960	91.920	154.813	409.039	471.932	164.062	178%	NO
VG122BA	25.945	51.890	87.395	190.005	225.510	83.549	161%	NO
VH051AB	49.696	99.392	171.857	416.180	488.645	90.319	91%	NO
VK097AA	25.945	51.890	87.395	190.005	225.510	83.549	161%	NO
VL557CA	25.945	51.890	87.395	190.005	225.510	80.669	155%	NO

Tabella 16: Esempio di valutazione del buffer allert

Attraverso i fogli di calcolo sopra descritti è stato possibile simulare il funzionamento del sistema, seppur sotto alcune ipotesi semplificative, al fine di ottenere una valutazione delle performance. Le prime due serie di grafici riportate di seguito mostrano l'andamento della *Net Flow Position* e dell'*On-Hand* ottenuti durante la simulazione e alcune osservazioni sugli stessi al fine di comprenderne l'evoluzione. Le figure non rappresentano la totalità dei componenti per i quali si è scelto di inserire il *decoupling buffer* poiché per alcuni di essi l'andamento appare estremamente simile, dunque in questi casi si è scelto di riportare uno solo dei diversi grafici.

A seguire si riportano alcuni esempi dell'evoluzione del *Buffer Allert* nel corso della simulazione.

Risultati della simulazione per i componenti del tenditore di distribuzione

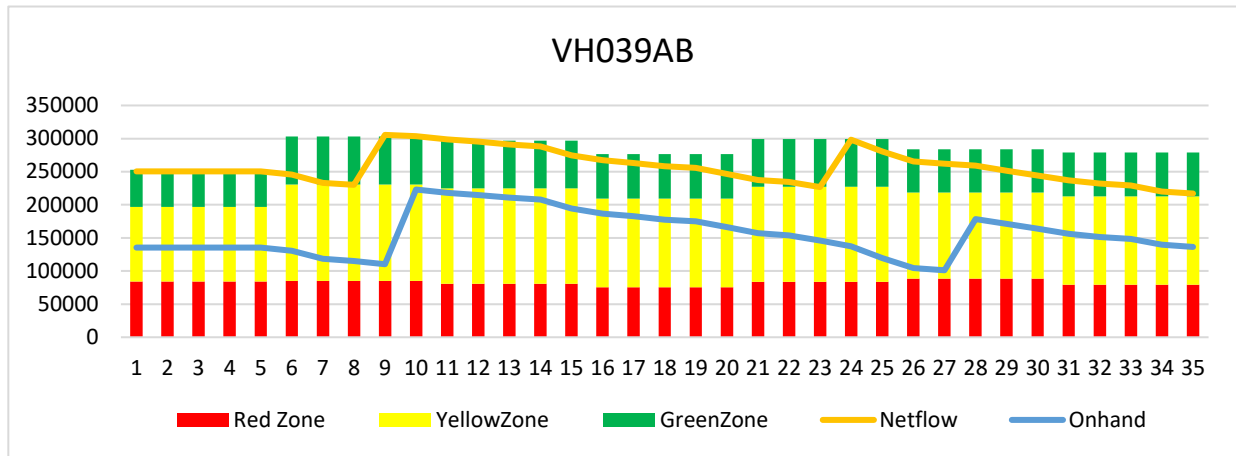


Figura 25: Output della simulazione per il VH039AB

Osservando l'andamento della *Net Flow Position* e dell'*on-hand* per il VH039AB si nota come essi siano molto simili e quasi paralleli, la posizione netta è traslata verso l'alto di un delta pari alla quantità in arrivo del componente. Ciò che appare in un primo momento insolito, è invece lo scostamento orizzontale tra le due rette in corrispondenza dei picchi che caratterizzano il grafico. Il primo picco investe la posizione netta nel giorno otto, e la giacenza in magazzino nel giorno nove, si ha quindi uno scostamento di un solo giorno. Nel secondo caso invece lo scostamento tra i picchi nelle due rette avviene con una distanza di quattro giorni. Analizzando più nello specifico i dati si osserva come si tratti di una semplice casualità dettata dalla scelta arbitraria sulla schedulazione del primo ordine. Infatti, i picchi che caratterizzano la *Net Flow* si verificano in corrispondenza dell'emissione di un ordine, mentre il valore dell'*on-hand* è incrementato solo all'arrivo del materiale.

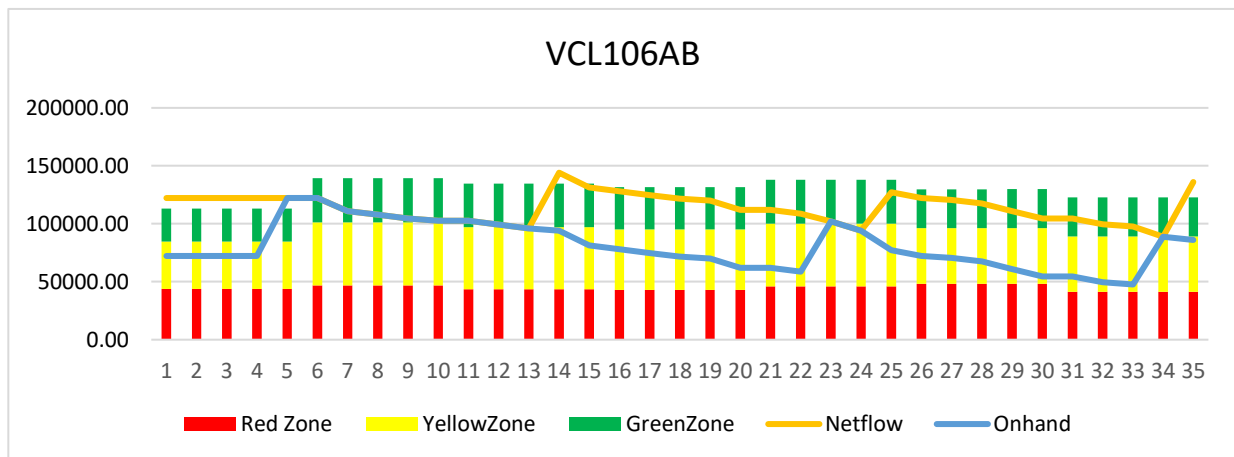


Figura 26: Output della simulazione per il VCL106AB

Osservando invece il VCL106AB è possibile notare che le due curve oggetto d'interesse sono coincidenti in alcuni punti, tale comportamento che è qui evidenziato per la prima volta è in realtà comune a molti degli andamenti ottenuti successivamente. Se si analizzano le formule utilizzate per il calcolo, Paragrafo 5.4.4, si comprende immediatamente che la coincidenza delle curve implica che nel sistema non vi sono nuovi arrivi né nuovi ordini inoltre segnala l'assenza di picchi qualificati. Si tratta quindi di intervalli di tempo caratterizzati da un livello di *on-hand* tendenzialmente alto, che non richiede l'emissione di ordini di approvvigionamento, e da una domanda del cliente in linea con i livelli attesi.

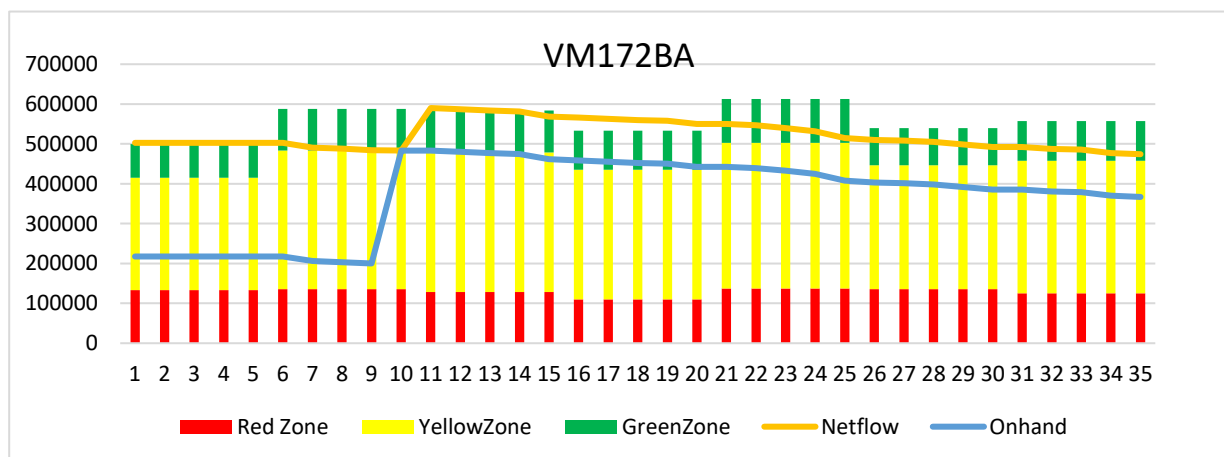


Figura 27: Output della simulazione per il VM172BA

Risultati della simulazione per i componenti del tenditore ausiliare

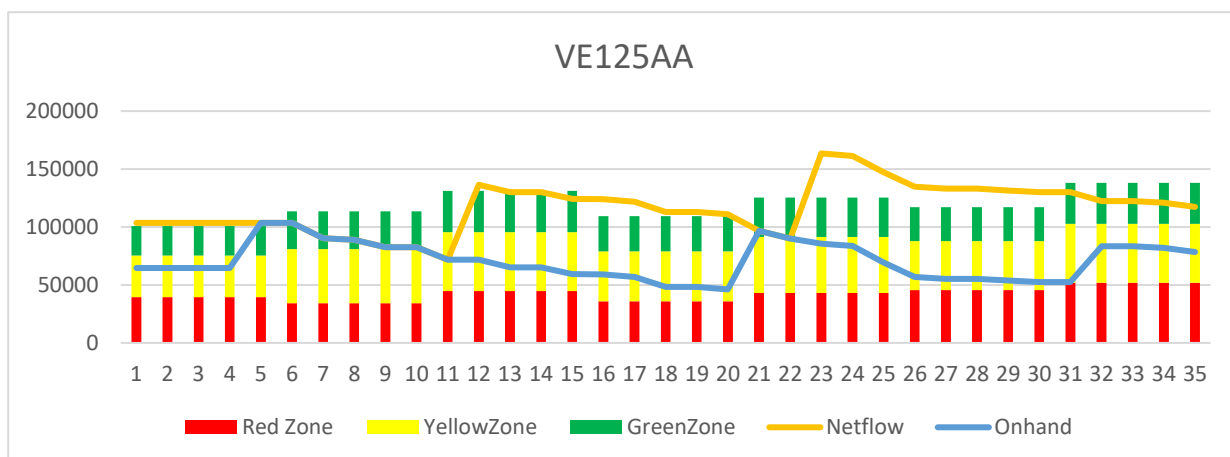


Figura 28: Output della simulazione per il VE125AA

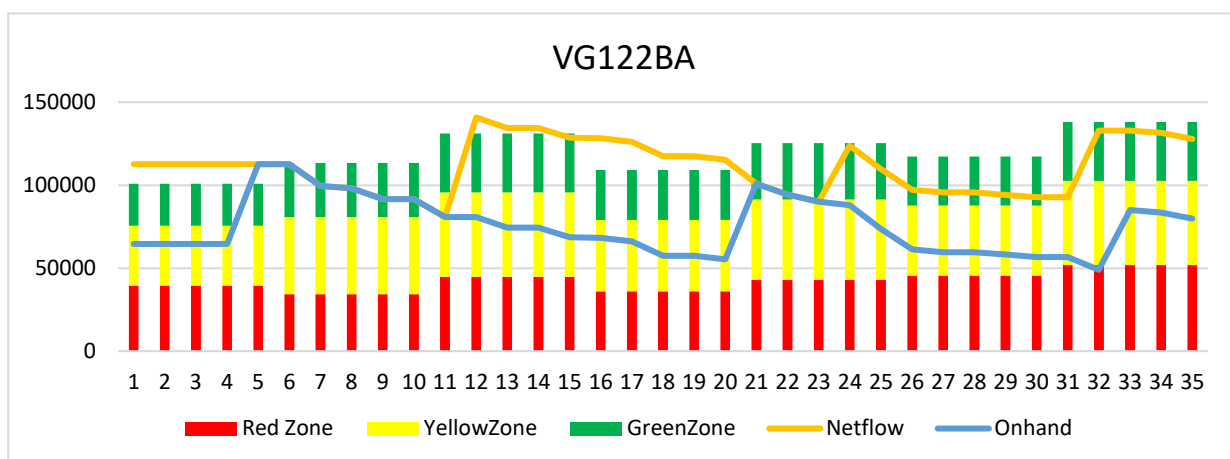


Figura 29: Output della simulazione per il VG122BA

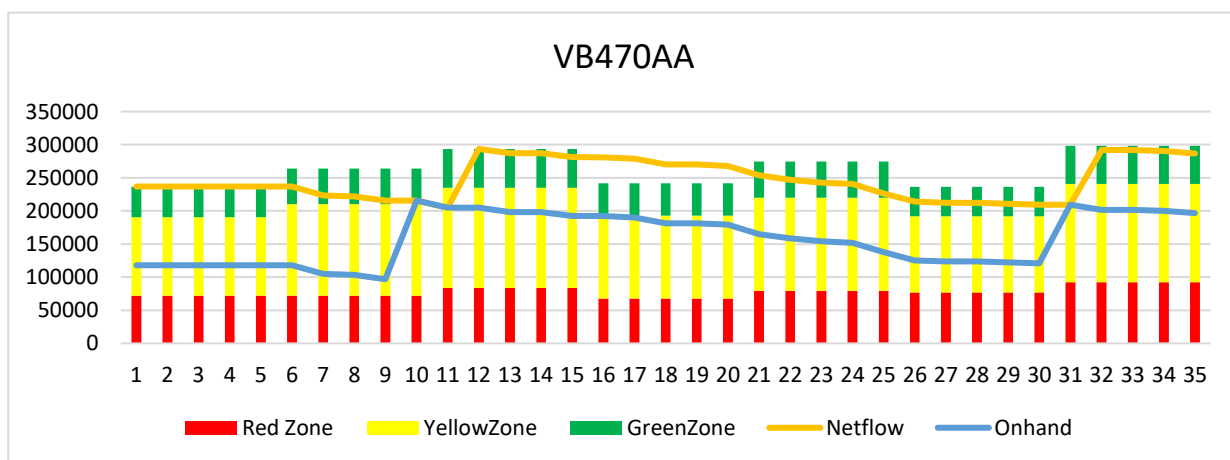


Figura 30: Output della simulazione per il VB470AA

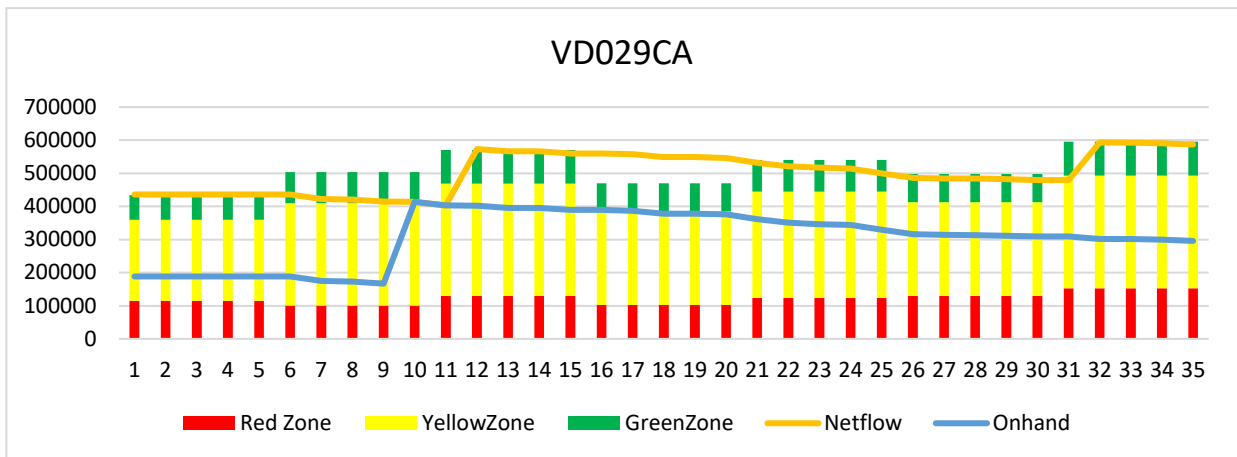


Figura 31: Output della simulazione per il VD029CA

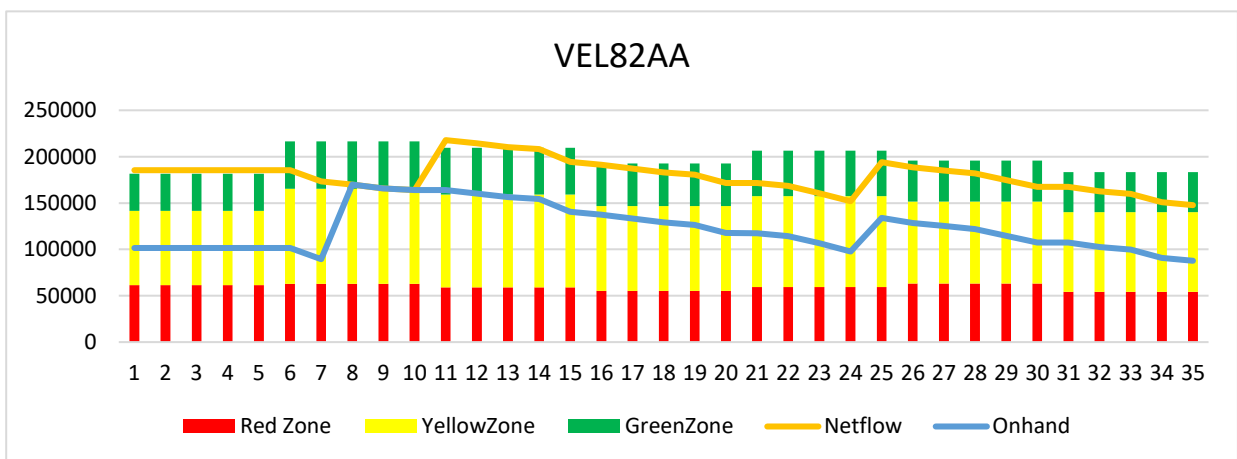


Figura 32: Output della simulazione per il VEL82AA

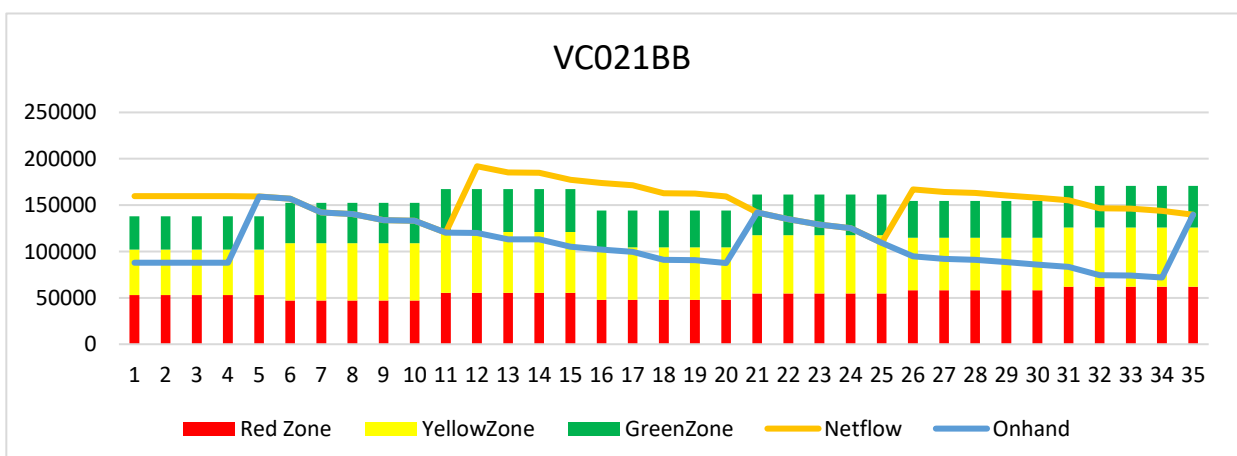


Figura 33: Output della simulazione per il VC021BB

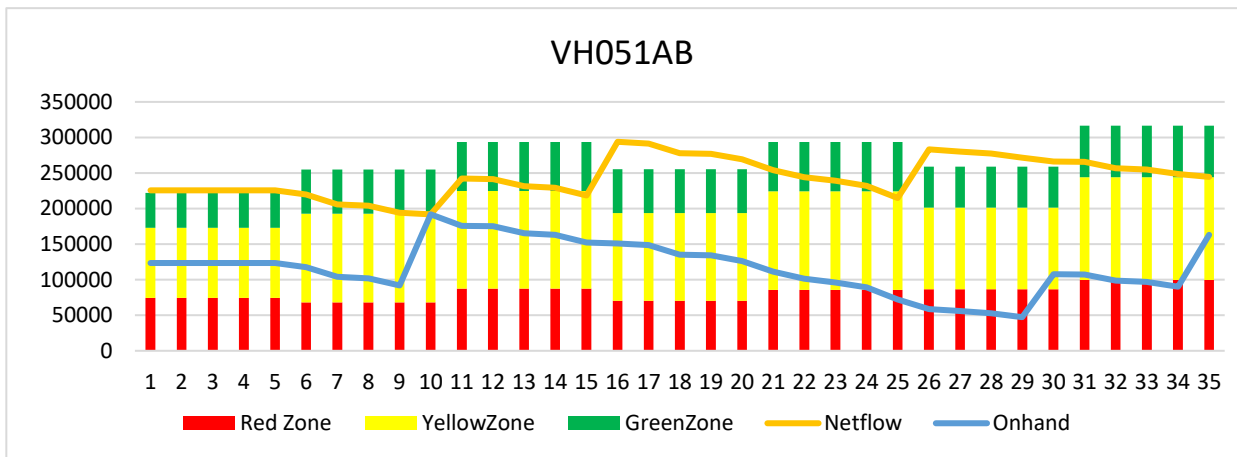


Figura 34: Output della simulazione per il VH051AB

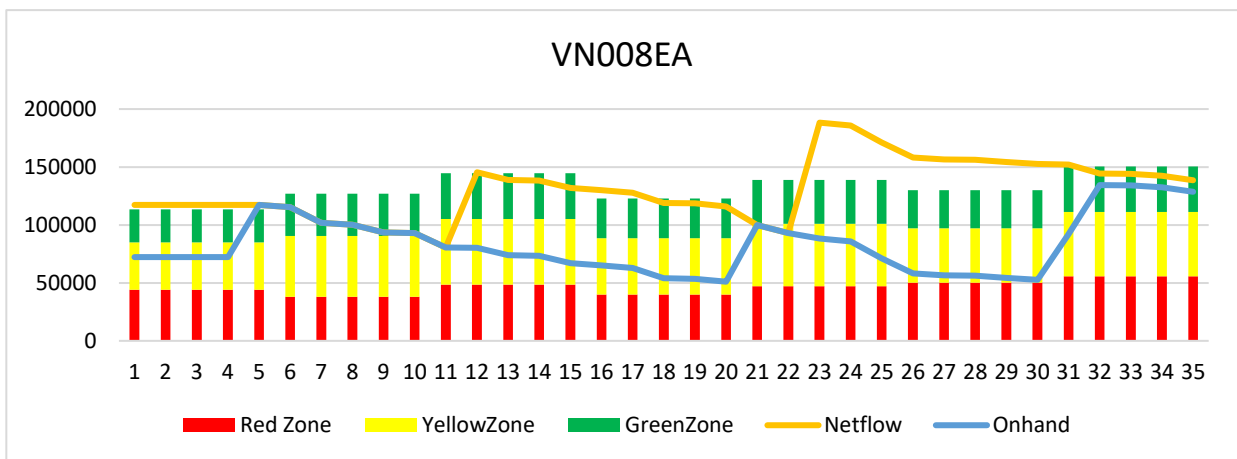


Figura 35: Output della simulazione per il VN008EA

Nonostante fosse già visibile osservando alcuni grafici precedenti, l'andamento delle curve nel caso del VN00EA pone in evidenza il fatto che alcuni giorni sono caratterizzati da un valore della *Net Flow Position* superiore al livello totale del buffer, rappresentato dalla somma delle tre zone: rossa, gialla e verde. Ciò si verifica a causa della necessità, precedentemente accennata, di dimensionare gli ordini effettivi in funzione dei multipli di imballo, che di fatti hanno in questo caso lo stesso effetto di una *Minimum Order Quantity*, poiché condizionano la dimensione dell'ordine costringendo ad un sovradimensionamento dello stesso rispetto al fabbisogno reale. Per comprendere meglio ciò che succede consideriamo proprio il caso del VN008EA e osserviamo i dati risultati dalla simulazione nel giorno 22, corrispondente al 04/02/20. In tale data, si ha:

- *Top Of Green* = 138809 pezzi
- *Top Of Yellow* = 101052 pezzi
- *Net Flow Position* (*t*) = 92868 pezzi

Il componente è caratterizzato da un multiplo di imballo pari a 5000 pezzi. Essendo la posizione netta inferiore al limite superiore della zona gialla, il metodo suggerisce di effettuare un ordine tale da riportare quest'ultima al livello della TOG. L'ordine pertanto dovrebbe essere pari a:

$$\text{Ordine Teorico} = \text{TOG}(t) - \text{Net Flow Position}(t) = 45941 \text{ pezzi}$$

L'ordine effettivo tuttavia dovrà essere multiplo di 5000, e in particolare in tal caso si avrà:

$$\text{Ordine Effettivo} = \text{Ordine Teorico} * \text{CoeffOrdine} = 50000 \text{ pezzi}$$

Il valore della posizione netta a seguito dell'emissione dell'ordine effettivo sarà allora:

$$\begin{aligned} \text{Net Flow Position}'(t) &= \text{Net Flow Position}(t) + \text{Ordine Effettivo} \\ &= 142868 \text{ pezzi} \end{aligned}$$

Da cui si ottiene:

$$\Delta(\text{TOG}(t) - \text{NetFlowPosition}'(t)) = (138809 - 142868) \text{ pezzi} = -4059 \text{ pezzi}$$

Il valore della posizione netta sarà quindi superiore rispetto a quello del livello totale del buffer di circa 4059 pezzi. Questa differenza si verifica a causa della decisione di dimensionare i buffer secondo il fabbisogno effettivo e non secondo i multipli di imballo, tale scelta è stata effettuata al fine di valutare l'impatto dell'utilizzo dei multipli di imballo sul livello totale delle scorte.

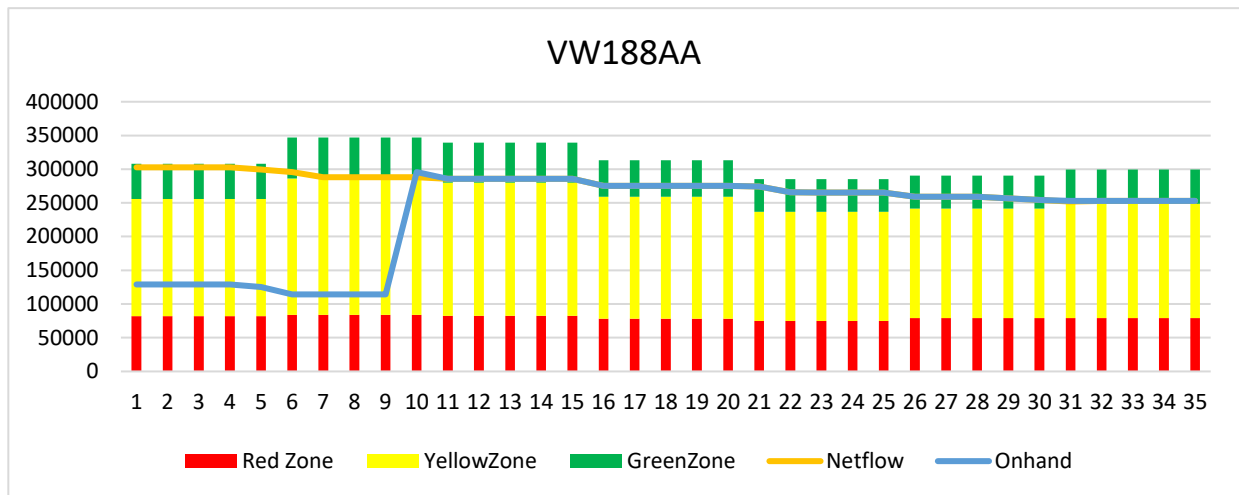


Figura 36: Output della simulazione per il VW188AA

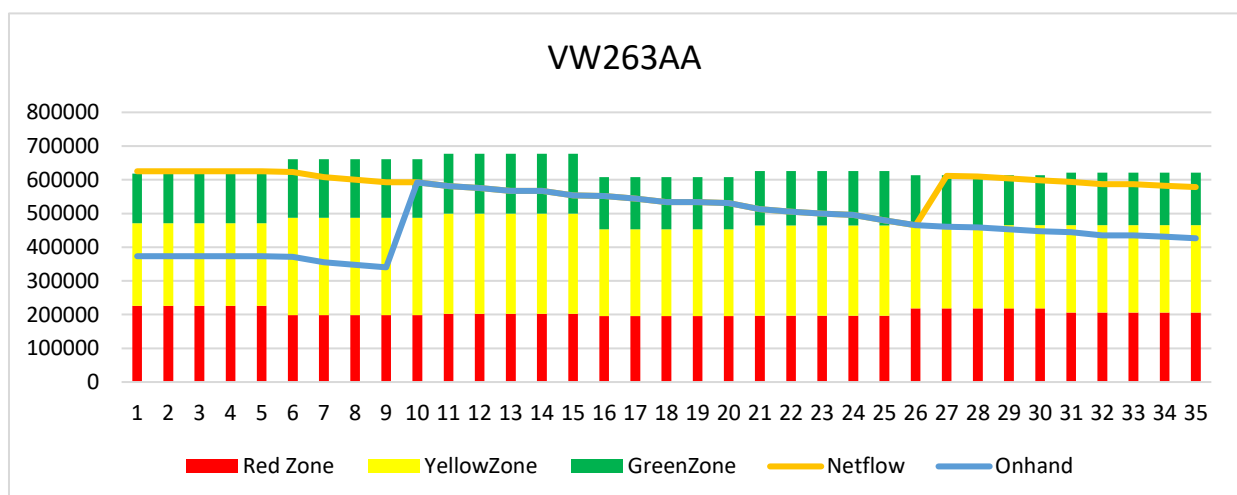


Figura 37: Output della simulazione per il VW263AA

Questi due ultimi componenti, VW188AA e VW263AA, così come il VM172BA riportato in *Figura 26*, sono caratterizzati da un andamento insolito rispetto a quelli visti precedentemente, ma analogo nei tre casi. Nella maggior parte degli esempi riportati, infatti, il valore assunto dall'*on-hand* si mantiene per quasi la totalità della simulazione all'interno della zona gialla, con delle oscillazioni che lo vedono salire al di sopra o scendere al di sotto di tale zona solo per brevissimi intervalli di tempo. Per questi componenti invece l'*on-hand* assume un valore molto alto, si mantiene infatti per quasi tutta la durata della simulazione al di sopra della *Top Of Yellow* o comunque intorno all'estremo superiore della stessa. Questi sono simili per natura, si

tratta infatti di tre cuscinetti, ma sono anche accumulati dall'avere un DLT molto ampio, tra i 60 e i 65 giorni. Dall'analisi di questi andamenti si nota come la maggiore ampiezza del *lead time* si ripercuota sul livello di scorta del componente necessario a garantire la sicurezza del *decoupling point*, tempi di risposta maggiori richiedono infatti maggiore protezione del buffer oltre ad aumentare i volumi necessari a coprire il fabbisogno nel corso del *decoupling lead time*.

In tutti i casi illustrati è possibile notare inoltre un periodo iniziale, della durata di qualche giorno, in cui il livello della *Net Flow Position* e dell'*On-hand* sono circa costanti. Questo comportamento è attribuibile al fatto che la simulazione ha inizio la settimana successiva al periodo natalizio, nella quale si hanno a seguito delle numerose chiusure per le festività, ordini molto bassi, se non nulli. Si è scelto tuttavia di mantenere questi dati proprio per evidenziare come il sistema reagisca alla forte variabilità, il che si nota soprattutto osservando il livello dei buffer.

Buffer Allert

Come illustrato in precedenza, è possibile valutare quotidianamente anche il livello di *on-hand* del sistema per ciascun *decoupling buffer* inserito.

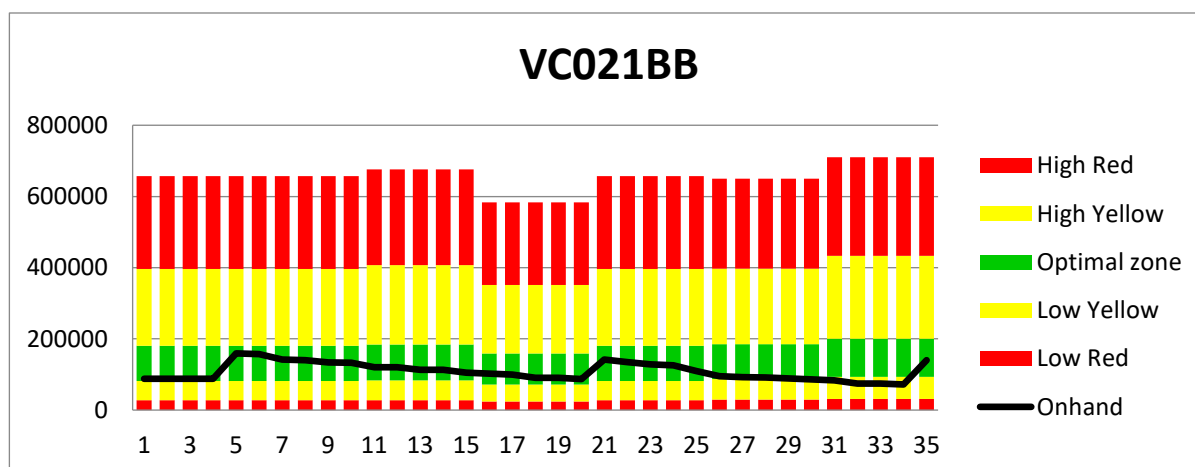


Figura 38: Andamento dell'On-hand per il VC021BB

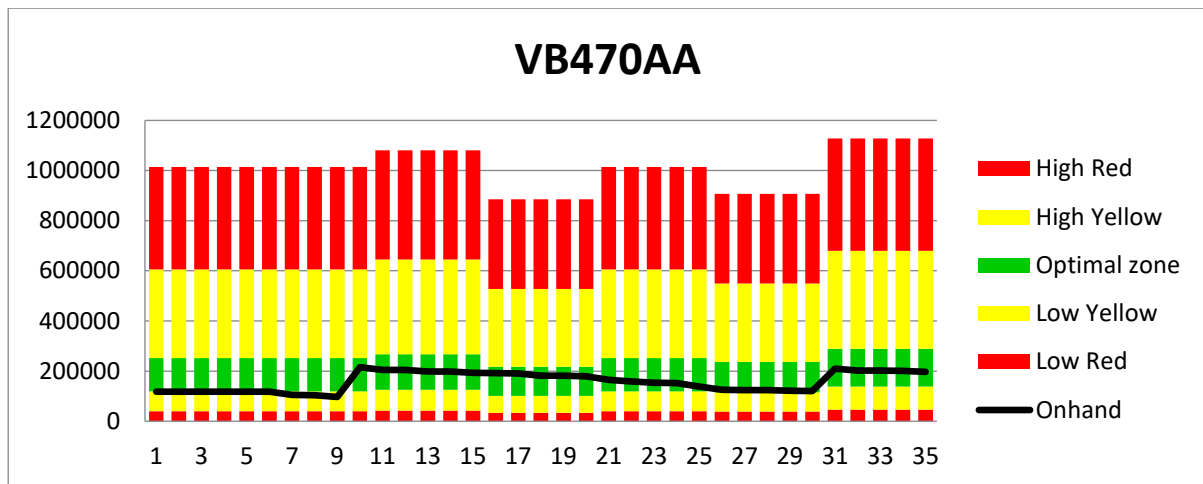


Figura 39: Andamento dell'On-hand per il VB470AA

Osservando i grafici riportati è possibile notare come il livello di scorta nel caso delle due parti illustrate sia, per la quasi totalità della simulazione, compreso all'interno dell'*Optimal Zone*. Tale risultato è in linea con gli andamenti analizzati in precedenza che mostravano, infatti, un livello di scorta contenuto all'interno dei limiti della zona gialla del buffer. Si è scelto di riportare l'andamento *del buffer alert* per due soli componenti poiché i risultati negli altri casi sono analoghi a quelli qui presentati.

5.5 L'attuale gestione dei fornitori: il *Material Requirements Planning* in Dayco

La logica di gestione dei fornitori utilizzata presso lo stabilimento Dayco di Ivrea è quella del *Material Requirements Planning*. La logica che caratterizza tale metodologia è stata analizzata in precedenza, paragrafo 3.1, tuttavia lo scopo del presente paragrafo è comprendere come questa siano calata all'interno della realtà industriale della Dayco Ivrea.

Dalla domanda, raccolta nel portafoglio clienti, il sistema informativo calcola il fabbisogno netto di prodotto finito sottraendo ai *sales order* la giacenza in magazzino. Il valore così ottenuto è traslato indietro rispetto alla data indicata dal cliente per la consegna, in funzione del *lead time* di produzione, al fine di individuare il giorno preciso nel quale i prodotti finiti devono essere pronti in magazzino per essere spediti. Dopo aver calcolato la quantità da produrre per soddisfare la domanda, il sistema esplode la distinta base dei prodotti in tutti i livelli e ricava il fabbisogno di componenti sommando quello associato a ciascun prodotto. Note quindi le giacenze in magazzino è possibile calcolare il fabbisogno netto di materie prime, o semilavorati, e schedare gli ordini. Il sistema è programmato in modo tale da fornire un suggerimento d'ordine, mostra cioè le quantità che, in funzione dei parametri che gli sono stati dati, è preferibile ordinare e come schedare gli ordini. I programmatori possono intervenire sul piano proposto qualora sorgano necessità particolari.

La logica del *Material Requirements Planning* è attualmente utilizzata nella maggioranza degli ambienti produttivi, ma ciò che la caratterizza in ciascuna azienda sono i vincoli del sistema in esame, quali ad esempio la capacità produttiva o le *Minimum Order Quantity*. È necessario allora individuare dei parametri propri del sistema considerato e delle logiche di gestione utilizzate attraverso cui adattare il calcolo del fabbisogno alla specifica realtà industriale.

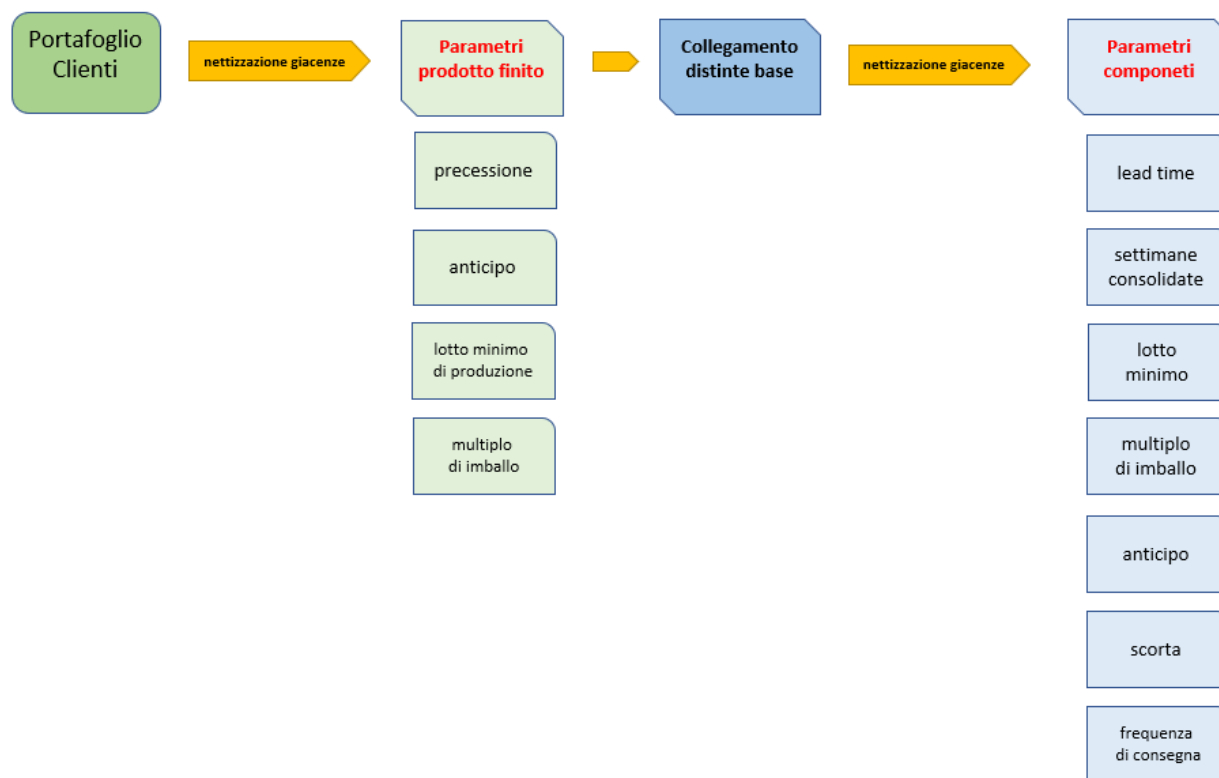


Figura40: Parametri del Material Requirements Planning in Dayco

La *Figura40* racchiude sinteticamente tutti i parametri utilizzati per il calcolo del fabbisogno presso la Dayco. Di seguito saranno illustrati quelli che si riferiscono ai componenti, infatti, tutti i fattori considerati per il prodotto finito si ritrovano anche per le singole parti.

La prima fase del processo di pianificazione consiste nel calcolo del fabbisogno effettivo di prodotto finito: questo è determinato sottraendo alla domanda del cliente, o meglio alle previsioni di domanda, le giacenze di magazzino, il fabbisogno netto è poi schedulato in funzione di due parametri, precessione e anticipo, descritti di seguito in relazione ai componenti. I parametri dei componenti possono essere divisi in due classi, a seconda che essi siano assegnati alla specifica parte in funzione della sua natura o dell'azienda responsabile dell'approvvigionamento. Il sistema esegue i calcoli utilizzando innanzitutto i parametri dei fornitori:

- Frequenza di consegna: l'intervallo minimo che intercorre tra due consegne consecutive di un fornitore. Si tratta di un valore stabilito contrattualmente con i fornitori, e che può

assumere valori differenti per ciascuno di essi. Il sistema schedula gli arrivi tenendo conto di questo parametro.

- Giorni di precessione: sono i giorni su cui è basato il calcolo della scorta. Supponiamo ad esempio di fissare per un determinato prodotto finito un numero di giorni di precessione pari a dieci, il sistema considererà per il calcolo del fabbisogno la domanda corrispondente alla data $T_{now}+10$ e così ogni giorno. Di fatto il risultato sarà quindi quello di avere una scorta basata sul fabbisogno dei successivi dieci giorni, o più in generale sul fabbisogno dei giorni di previsione. Questo parametro pone in evidenza una prima enorme differenza con il DDMRP, l'utilizzo massiccio delle previsioni di domanda.
- Settimane contrattuali: questo parametro si utilizza solo nel caso in cui s'interrompa definitivamente l'acquisto di un componente. Esso rappresenta il numero di settimane di fabbisogno che contrattualmente si è tenuti ad acquistare dal fornitore a seguito dell'interruzione ufficiale della fornitura.
- Settimane Consolidate: rappresentano il *lead time* di reazione dei fornitori. All'interno di questo intervallo non è possibile modificare un ordine emesso, le settimane consolidate coincidono quindi con il *purchasing lead time*.

Dopo aver considerato i parametri dei fornitori, il sistema analizza quelli dell'elemento specifico. Questi ultimi prevalgono sui primi poiché è possibile che vi sia un componente che richiede vincoli differenti rispetto alla maggioranza delle parti che provengono da un fornitore. I parametri dei componenti sono:

- Lotto fornitore: indica la quantità minima che può essere prodotta.
- Frequenza di consegna: questo parametro è analogo a quello definito nel caso dei fornitori, ma caratterizza ora l'elemento specifico.
- Scorta Minima: rappresenta il livello di giacenza minimo che dovrebbe essere sempre presente in magazzino. Il sistema esegue tutti i calcoli del fabbisogno tenendo conto di questa quantità aggiuntiva. Supponiamo ad esempio che la scorta minima sia fissata pari a 100, la domanda sia 200 e la giacenza sia pari a 50. Il valore del fabbisogno calcolato dal sistema sarà pari a $100 + 200 + 50 = 250$ pezzi, tale da soddisfare la richiesta del cliente e riportare la giacenza almeno al valore della scorta minima.

- Giorni di anticipo: sono equivalenti ai giorni di precessione illustrati tra i parametri dei fornitori, se non è specificato diversamente il sistema, considera cinque giorni lavorativi.
- Percentuale di scarto: un valore percentuale che si applica nel caso di problemi noti della linea che causano quindi una percentuale di scarto ricorrente. Quando questo parametro è diverso da zero, il fabbisogno dei prodotti finiti è maggiorato in funzione della percentuale indicata per ottenere una quantità di pezzi conformi alle specifiche tale da soddisfare la domanda del cliente.
- Percentuale di scorta calcolata sul numero di settimane: attraverso questo parametro è possibile stabilire un valore di scorta che varia in funzione delle previsioni sulla domanda futura. Lo *stock* è, infatti, assunto pari ad un valore percentuale del numero di settimane che si vogliono considerare. Ad esempio, se questo parametro è pari a 0.5, la scorta sarà pari al 100% del fabbisogno della metà delle settimane consolidate.
- Multiplo d'imballo: rappresenta la quantità di elementi contenuta in un pallet di dimensioni standard, in funzione della tipologia d'imballo del prodotto considerato. Come anticipato nello sviluppo del DDMRP, questa quantità costituisce di fatti una sorta di MOQ, gli ordini ai fornitori devono, infatti, essere almeno pari alla quantità contenuta nel pallet o multipli della stessa. Qualora le dimensioni degli ordini mediamente effettuati siano molto inferiori al multiplo d'imballo, è possibile concordare con il fornitore di dimensionare gli ordini in funzione del più piccolo imballo esistente per quel componente, di solito una scatola. Solo in pochissimi casi non è prevista la gestione a multipli e quindi gli ordini possono assumere qualsiasi dimensione. È possibile che uno stesso prodotto arrivi da due fornitori con imballi diversi, in tal caso il sistema suddivide il fabbisogno in base alla percentuale di assegnazione a ciascun fornitore e poi lo adatta in funzione del multiplo.

Il sistema informativo aziendale calcola in funzione di questi parametri, un suggerimento d'ordine, sulla cui base i pianificatori gestiscono poi gli ordini effettivi. Il calcolo del fabbisogno è eseguito con cadenza settimanale, poiché una frequenza di ricalcolo maggiore avrebbe generato un eccessivo nervosismo del sistema.

5.6 Confronto tra le metodologie e analisi dei risultati

La simulazione sviluppata nel Paragrafo 5.4.2.2 ha permesso di comprendere a fondo i meccanismi di funzionamento del DDMRP e di evidenziare molteplici risultati. Questi ultimi divengono tuttavia ancor più interessanti e immediati se confrontati con le performance ottenute utilizzando il *Material Requirements Planning*.

Part Number	Stock Medio DDMRP	Stock Medio MRP	Delta	Variazione %	DLT	Rotture di stock	Frequenza Media Ordini
VCL106AB	61012	85000	-23988	-28%	10	0	7
VCL119AA	66246	79462	-13216	-17%	10	0	7
VCL72AB	69012	80000	-10988	-14%	10	0	7
VDL115BA	124677	211600	-86923	-41%	20	0	10
VH039AB	156380	181350	-24970	-14%	20	0	10
VKL91CA	75883	101000	-25117	-25%	10	0	7
VBL129BB	122239	114036	8203	7%	20	0	10
VEL82AA	122095	193200	-71105	-37%	15	0	8
VL1088AA	67880	97944	-30064	-31%	10	0	7
VM172BA	372882	161000	211882	69%	65	0	20
VFL84AA	72576	90000	-17424	-19%	10	0	7
VGL241AA	74130	84600	-10470	-12%	10	0	7
VB470AA	158326	88308	70018	79%	60	0	12
VC021BB	88439	108000	-19561	-18%	10	0	7
VD029CA	307308	202400	104908	52%	60	0	18
VE125AA	60910	78250	-17340	-22%	10	0	7
VF151CA	92117	89167	2950	3%	20	0	12
VG122BA	75572	90000	-14428	-16%	10	0	7
VH051AB	117209	176110	-58901	-33%	20	0	10
VK097AA	61972	66000	-4028	-6%	10	0	7
VL557CA	69346	63000	6346	10%	10	0	7
VN008EA	73125	72500	625	1%	10	0	7
VP351AA	102668	144507	-41839	-29%	20	0	10
VQ065A	100355	128625	-28270	-22%	20	0	10
VQ667AA	211667	195000	16667	9%	10	0	7
VW263AA	467547	154556	312991	73%	65	0	20
VW188AA	231093	67242	163851	95%	65	0	20

Tabella 17: Confronto tra il DDMRP e il MRP

La Tabella16 mostra per ciascun *part number* i risultati considerati rilevanti ai fini del confronto.

Innanzitutto è stato calcolato, a partire dai risultati della simulazione, il livello medio dello *stock* nel DDMRP:

$$Stock\ Medio\ DDMRP = \frac{\sum_{i=1}^{35} OnHand(ti)}{35}$$

Il valore dello stock medio nel caso del *Material Requirements Planning* è stato invece calcolato osservando la reale giacenza media nei mesi di gennaio e febbraio 2020, corrispondenti all'intervallo in cui si è svolta la simulazione. Il sistema informativo aziendale, calcola giorno per giorno il saldo di ciascun magazzino e ne consente la visualizzazione, l'estrazione del dato tuttavia deve essere eseguita manualmente per ognuna delle parti considerate in ciascuna delle date che si vogliono analizzare, richiedendo dunque una considerevole quantità di tempo. Per questo motivo la giacenza nel MRP è stata calcolata come media del saldo dei magazzini nel primo, nel quindicesimo e nell'ultimo giorno del mese.

I valori così ottenuti sono dunque stati confrontati innanzitutto attraverso il calcolo dello scostamento tra i due valori:

$$Delta = Stock\ Medio\ DDMRP - Stock\ Medio\ MRP$$

Un valore negativo del delta rappresenta quindi una riduzione del livello di scorte con l'applicazione della nuova metodologia, rispetto a quello effettivamente disponibile in Dayco, viceversa nel caso di un valore positivo. Questo parametro, che esprime quindi l'aumento o la riduzione delle scorte che si ottiene dall'applicazione del DDMRP, è stato espresso anche in termini percentuali:

$$Variazione\ \% = \frac{Delta}{Stock\ Medio\ MRP} [\%]$$

Gli indici sono dunque stati calcolati per ciascuno dei *decoupling buffer* posizionati, al fine di effettuare un'analisi comparativa dei livelli di *stock* medi. I risultati, in *Tabella 16*, mostrano che:

- Il 63% dei componenti, evidenziato in tabella con il colore arancione, è caratterizzato da una riduzione media dello stock del 23%.
- Il 18%, evidenziato in verde, presenta invece un aumento della giacenza minimo. Gli incrementi assumono, infatti, valori compresi nell'intervallo 0-10% e le quantità variano dunque di poche centinaia di unità che confrontate con volumi elevati come quelli in esame possono essere trascurate.
- Il restante 19% dei casi, in rosso, presenta invece un incremento significativo nel livello di *stock* medio, tra il 52 e il 95%.

La variazione media totale è quindi, nel caso in esame pari al +1%, il risultato appare dunque in un primo momento non molto promettente e non in linea con gli obiettivi del DDMRP. Analizzando attentamente i risultati tuttavia è possibile notare che in realtà i risultati appaiono negativi quasi esclusivamente nel caso di componenti caratterizzati da un *Decoupling Lead Time* molto elevato, in presenza di *lead time* inferiori si rileva, invece, una riduzione significativa delle scorte che nel caso migliore raggiunge il 40% circa. Eliminando dal calcolo della media complessiva le parti con DLT pari a sessanta o sessantacinque, i risultati quindi migliorano nettamente mostrano una riduzione media dello *stock* del 16%.

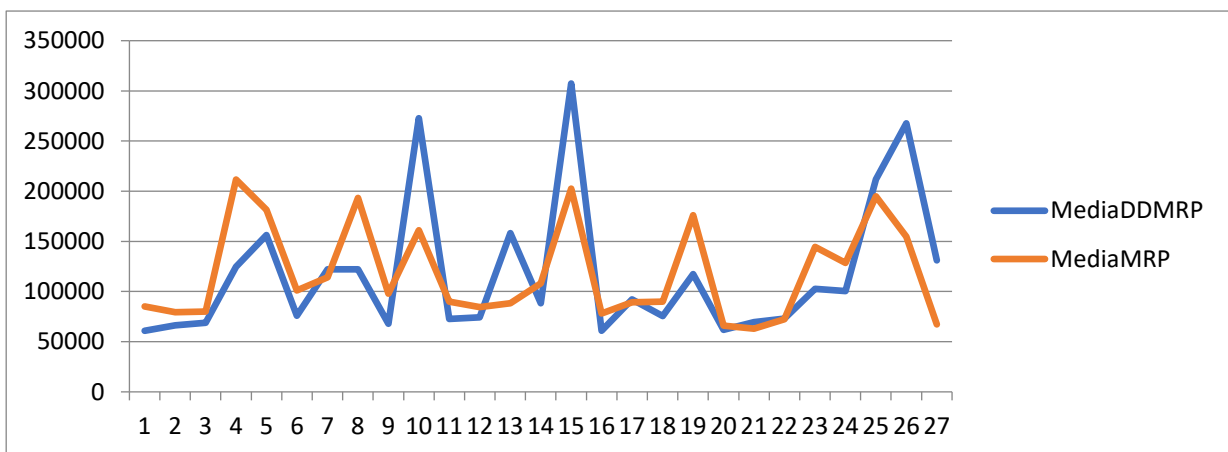


Figura 41: Confronto dei valori dello stock medio nel caso del DDMRP e del MRP

Un dato positivo si riscontra anche in relazione alle rotture di *stock* che nel corso della simulazione sono state nulle per il 100% dei buffer, senza necessità di intervenire forzando i parametri del sistema. Il dato non è confrontabile in modo diretto con quello aziendale proprio per quest'ultimo aspetto. Si era già considerato, infatti, nella fase dedicata all'*Inventory*

Positioning, che la tolleranza del cliente su eventuali ritardi è nulla nell'ambiente produttivo preso in esame. I clienti della Dayco sono costituiti principalmente da primi impianti produttivi di alcune delle maggiori case automobilistiche e qualora un ritardo o una mancata consegna causasse un blocco nella linea produttiva, l'entità delle penali sarebbe enorme. Per questo motivo nel caso i cui si riscontrino problemi di approvvigionamento, i responsabili della logistica e degli acquisti intervengono immediatamente al fine di evitare rotture di *stock*, anche tramite forzature del MRP e dei piani di produzione. Non è dunque possibile confrontare numericamente i dati in merito a questo parametro, tuttavia il risultato ottenuto dalla simulazione del DDMRP, anche guardato singolarmente, è molto soddisfacente.

L'ultimo parametro preso in considerazione in quest'analisi comparativa è quello che riguarda la frequenza di riordino. Questo indice è, come la giacenza media, fortemente influenzato dal valore del DLT, infatti in presenza di *lead time* bassi, i valori sono nella maggior parte dei casi compresi tra i sette e i dieci giorni lavorativi, un intervallo di tempo moderato e in linea con la logica del DDMRP secondo la quale gli ordini dovrebbero essere di dimensioni ridotte e molto frequenti. Il valore della frequenza raddoppia tuttavia nel caso di DLT maggiori poiché così come per le scorte l'elevato *lead time* provoca un dimensionamento eccessivo della zona verde e di quella rossa. Riprendendo le formule utilizzate per il calcolo del livello delle due zone si nota subito come esse siano entrambe significativamente sensibili a tale valore.

$$Green\ Zone\ Level = MAX (ADU \times MOC; ADU \times LTfactor \times DLT; MOQ)$$

$$Red\ Zone\ Level = (ADU \times DLT \times LTf) + (ADU \times DLT \times LTf \times VariabilityFactor)$$

In generale i risultati mettono, dunque, in evidenza il limite del DDMRP in un ambiente caratterizzato da DLT elevati. Qualora le parti aventi *lead time* molto ampi costituiscano un'eccezione rispetto alla totalità di quelle gestite nel contesto produttivo considerato, si potrebbe pensare tuttavia di intervenire utilizzando un *lead time factor* minore per il dimensionamento dei buffer. La scelta genererebbe, infatti, una riduzione del livello della *green zone*, e quindi della frequenza di rilascio degli ordini, e di quello della *red zone*, con una conseguente riduzione dello *stock* atteso. Una strada alternativa potrebbe essere invece quella di prevedere dei *buffer adjustment factor*, per intervenire sugli specifici componenti. In entrambi i

casi tuttavia, la determinazione di un fattore di riduzione adatto, che migliori le performance in termini di giacenze in magazzino e frequenza degli ordini senza tuttavia esporre l'ambiente produttivo a un eccessivo rischio di rottura di *stock*, potrebbe essere molto onerosa poiché richiederebbe una dettagliata analisi di dati, ulteriormente complicata dalla carenza dell'attuale sistema informativo aziendale.

I risultati ottenuti sono comunque significativamente influenzati dalla tipologia di prodotto considerato. Osservando la distinta base dei due tenditori, riportata in *Figura 17* per il tenditore di distribuzione e *Figura 18* per l'ausiliare, si nota, infatti, immediatamente come esse siano estremamente appiattite. In entrambi i casi, infatti, il prodotto finito deriva dal semplice assemblaggio di componenti distribuiti per la quasi totalità su un unico livello della distinta base, un solo componente è posto al livello inferiore. L'appiattimento della *Bill Of Material*, evidenziato da numerosi studiosi come possibile soluzione al nervosismo del MRP, riduce notevolmente la possibilità di introdurre all'interno del sistema i disaccoppiamenti che costituiscono la chiave dell'efficacia del DDMRP. La contrazione dei *lead time* è, infatti, impossibile e di conseguenza anche la riduzione delle scorte ne risentirà.

I due prodotti considerati, inoltre, sono anche caratterizzati da una visibilità sugli ordini di vendita molto bassa, pari a tre giorni lavorativi. Ciò ha un notevole impatto sul numero di *decoupling point* che è necessario inserire, e di conseguenza sul livello di scorte per ciascun prodotto finito, per eliminare dal sistema l'utilizzo delle previsioni di domanda.

5.7 Analisi critica dell'implementazione del DDMRP

Lo sviluppo delle diverse fasi del DDMRP, attraverso il caso di studio applicativo, ha permesso di trarre alcune conclusioni in merito al processo d'implementazione dello stesso. Quest'ultimo assume notevole importanza poiché non è tanto la base analitica del metodo a determinarne la complessità quanto più l'analisi strategica e il coinvolgimento totale dell'organizzazione che esso richiede. Il passaggio a una logica di gestione come quella del DDMRP necessita, infatti, di una vera e propria rivoluzione a livello aziendale.

Nel caso di studio considerato la principale difficoltà è stata individuata, senza dubbio, nel reperimento dei dati storici necessari per ottenere una stima dei parametri da utilizzare, poiché i dati si sono rivelati spesso insufficienti o poco standardizzati e dunque molto difficili da analizzare.

L'analisi storica dei dati è, dunque, sicuramente fondamentale al fine di determinare correttamente i fattori che caratterizzano il posizionamento dei *decoupling points* e il dimensionamento degli stessi. Essa tuttavia non è sufficiente, infatti, la determinazione di molti dei parametri utilizzati nel metodo implica scelte che assumono spesso un carattere strategico e coinvolgono le diverse funzioni aziendali, come ad esempio la logistica e gli acquisti, richiedendo la collaborazione ed il confronto tra le stesse. Una notevole difficoltà è stata riscontrata a tal proposito nella scelta dei fattori da considerare come determinanti nel dimensionamento dei *decoupling buffer* e dei metodi da utilizzare al fine di ottenere una stima adeguata degli stessi.

Inoltre, affinché il metodo possa essere implementato in una qualsiasi realtà industriale è necessaria l'introduzione di un sistema informativo strutturato appositamente per gestire le logiche del DDMRP e in grado di supportare il processo. Infatti, la mancanza di un *software* gestionale adeguato comporterebbe un carico di lavoro enorme per i responsabili della pianificazione e non gestibile manualmente, con un conseguente inevitabile rischio di errore da parte del personale. Nel valutare tale aspetto è importante considerare che l'introduzione di un nuovo sistema informativo richiede un elevato investimento tecnologico, il quale deve tuttavia essere accompagnato da un altrettanto intenso sforzo nella formazione del personale e nella creazione di un clima favorevole a questo cambiamento. In generale, dunque, lo sforzo richiesto all'organizzazione per l'implementazione del DDMRP è molto elevato sia in termini di tempo, che di risorse coinvolte.

6. Conclusioni

Il *Supply Chain Management* assume oggi sempre maggiore centralità nella gestione di un'azienda e con esso uno dei processi che lo caratterizzano, quello di pianificazione. L'analisi teorica e lo sviluppo del caso di studio in esame hanno messo in luce l'impatto del processo di pianificazione dei fabbisogni produttivi sulle performance aziendali. La corretta gestione di tale processo influenza, infatti, da un lato la capacità di rispondere alla domanda del cliente e dall'altro il livello di *stock* necessario a realizzare quest'obiettivo, di conseguenza rappresenta una determinante significativa dei costi aziendali.

Nell'elaborato di tesi è stato analizzato l'impatto della gestione dei fornitori lungo la catena logistica, attraverso l'applicazione della recente metodologia del *Demand Driven Material Requirements Planning* (DDMRP), il cui impiego ha riscontrato negli ultimi anni molteplici successi in termini di efficacia nella contrazione dei *lead time*, riduzione del livello di scorte e aumento del servizio al cliente.

L'analisi eseguita nel caso di studio presentato e la simulazione sviluppata, hanno messo in luce risultati positivi, seppur inferiori rispetto alle aspettative, nella gestione del fabbisogno produttivo in un contesto altamente variabile quale quello considerato, evidenziando una riduzione della giacenza media e l'assenza di rotture di stock. Nella maggior parte dei casi applicativi sviluppati il DDMRP ha generato una riduzione delle scorte pari a circa il 30-40%, mentre nel caso in esame si evidenzia una riduzione media della giacenza pari al 16%.

Il metodo si è rivelato essere poco efficiente se applicato a prodotti caratterizzati da *lead time* molto lunghi, in corrispondenza dei quali è possibile notare un deciso sovradimensionamento del livello dei buffer e dunque delle scorte. Infatti, la metodologia nasce con l'obiettivo di seguire la domanda effettiva del cliente eliminando quanto più possibile l'utilizzo delle previsioni, ma garantendo comunque la protezione del sistema dalla variabilità della *supply chain*. Per realizzare quest'ultimo scopo, in presenza di grandi *lead time* che riducono la reattività alla variabilità della domanda, si è costretti all'inserimento di un maggior livello di protezione dei punti di disaccoppiamento e dunque di scorta.

Inoltre il metodo appare nel complesso meno performante a causa del forte appiattimento della *Bill of Material* dei prodotti analizzati. Una struttura molto piatta riduce la possibilità di eliminare le dipendenze del MRP; questo a sua volta aumenta il livello complessivo delle scorte e impedisce la contrazione dei *lead time*.

Si ritiene, dunque, che in generale i risultati ottenuti in termini di riduzione delle scorte, siano positivi se osservati in relazione alle caratteristiche del processo produttivo e dei prodotti esaminati, in quanto queste sono molto distanti da quelle idealmente desiderate per l'applicazione del DDMRP.

Osservando i risultati della simulazione è possibile notare un ulteriore aspetto positivo. Il sistema simulato è stato in grado di assorbire la variabilità che caratterizza la *supply chain* analizzata. Questo si evince dall'assenza di situazioni di rottura di *stock* e dall'andamento dell'*on-hand*, che assume valori inferiori alla TOR in media solo per il 5% della durata complessiva della simulazione, e comunque mai inferiori al livello del *Low Red*, inoltre il livello di *stock* è compreso nel range dell'*optimal zone* in media per il 46% del tempo della simulazione.

Tenuto conto di questi molteplici aspetti, i risultati emersi nel presente lavoro di tesi sembrano dunque confermare, seppur con qualche riserva, i molteplici studi che dimostrano l'efficacia del DDMRP.

L'osservazione dei risultati operativi del metodo, pur essendo necessaria, non è tuttavia sufficiente a eseguire una valutazione esaustiva dello stesso. Al fine di valutarne l'effettivo inserimento in un contesto aziendale, come quello del caso di studio sviluppato, si raccomanda di eseguire in particolare due ulteriori valutazioni.

Innanzitutto è necessario sviluppare un'analisi di carattere economico nella quale si quantifichino i benefici evidenziati sia in termini di giacenza in magazzino sia di livello di servizio, che deriverebbero dall'introduzione del DDMRP al fine di consentirne il confronto con gli investimenti necessari ad attuare questo cambiamento.

La seconda valutazione assume invece un carattere più umano, ovvero valutare da un lato l'impegno richiesto per ottenere un'adeguata formazione del personale sia in merito alle nuove logiche di pianificazione, per le funzioni coinvolte, sia in relazione all'introduzione di un nuovo sistema informativo, per tutti i livelli aziendali; dall'altro lo sforzo collettivo necessario alla creazione di un ambiente di lavoro collaborativo e aperto all'introduzione della nuova metodologia.

7. Indice delle figure

Figura 1: Elementi che compongono una catena di fornitura	7
Figura 2: Le quattro visioni del rapporto tra logistica e SCM secondo Larson e Halldórson	10
Figura 3: Input e Output del Material Requirements Planning	12
Figura 4: Effetto bullwhip. La variabilità si propaga aumentando lungo la catena	15
Figura 5: Distribuzione Bimodale delle scorte	16
Figura 6: I metodi alla base del DDMRP	17
Figura 7: Le cinque fasi del DDMRP	19
Figura 8: Esplosione disaccoppiata della BOM	20
Figura 9: Distribuzione geografica della Dayco nel mondo	22
Figura 10: Distribuzione dei fornitori nel mondo	24
Figura 11: Esempio di tenditore di distribuzione	26
Figura 12: Esempio di tenditore ausiliare	26
Figura 13: Esempio di decoupler	27
Figura 14: Classificazione ABC	29
Figura 15: Impatto delle due forme di variabilità in funzione del livello della BOM in cui la parte si colloca	31
Figura 16: Andamento dei volumi di vendita dei tenditori analizzati nel 2018 e nel 2019	36
Figura 17: Distinta base del tenditore di distribuzione con i decoupling buffer	42
Figura 18: Distinta base del tenditore ausiliare con i decoupling buffer	43
Figura 19: Fasi del Demand Driven Material Requirements Planning	44
Figura 20: Equazioni per il calcolo del decoupling buffer	46
Figura 21: Esempio di classificazione degli elementi di una BOM	50
Figura 22: Variazione del livello totale dei buffer tra la CW2 e la CW6	57
Figura 23: Andamento nel tempo dei buffer che hanno mostrato la maggiore variabilità	58
Figura 24: Suddivisione in zone del Buffer Alert	64
Figura 25: Output della simulazione per il VH039AB	71
Figura 26: Output della simulazione per il VCL106AB	72
Figura 27: Output della simulazione per il VM172BA	72
Figura 28: Output della simulazione per il VE125AA	73
Figura 29: Output della simulazione per il VG122BA	73

Figura 30: Output della simulazione per il VB470AA.....	73
Figura 31: Output della simulazione per il VD029CA.....	74
Figura 32: Output della simulazione per il VEL82AA	74
Figura 33: Output della simulazione per il VC021BB.....	74
Figura 34: Output della simulazione per il VH051AB.....	75
Figura 35: Output della simulazione per il VN008EA.....	75
Figura 36: Output della simulazione per il VW188AA	77
Figura 37: Output della simulazione per il VW263AA	77
Figura 38: Andamento dell'On-hand per il VC021BB.....	78
Figura 39: Andamento dell'On-hand per il VB470AA	79
Figura 40: Parametri del Material Requirements Planning in Dayco	81
Figura 41: Confronto dei valori dello stock medio nel caso del DDMRP e del MRP	86

8. Indice delle tabelle

Tabella 1: Limiti delle classi dell'analisi ABC	28
Tabella 2: Primo e secondo parametro dell' <i>inventory positioning</i>	33
Tabella 3: <i>Sales order visibility horizon</i>	34
Tabella 4: Parti selezionate per l'inserimento di un buffer nel tenditore di distribuzione	35
Tabella 5: Parti selezionate per l'inserimento di un buffer nel tenditore ausiliare.....	35
Tabella 6: Parametri per la valutazione dell'Inventory Leverage and Flexibility per il tenditore di distribuzione.....	37
Tabella 7: Parametri per la valutazione dell'Inventory Leverage and Flexibility per il tenditore ausiliare	37
Tabella 8: Parametri per la valutazione della capacità produttiva SEL0591	38
Tabella 9: Parametri per la valutazione della capacità produttiva SE802.....	38
Tabella 10: Allocazione % delle diverse fonti di costo.....	40
Tabella 11: Esempio di orizzonte temporale considerato per il calcolo dell'ADU. L'immagine fa riferimento alla terza settimana del 2020	49
Tabella 12: Classificazione dei <i>decoupling lead time</i> e dei conseguenti <i>lead time factor</i>	52
Tabella 13: Dimensionamento dei <i>Decoupling Buffer</i>	54
Tabella 14: Esempio di calcolo degli ordini.....	68
Tabella 15: Esempio di programmazione degli ordini	69
Tabella 16: Esempio di valutazione del buffer alert	70
Tabella 17: Confronto tra il DDMRP e il MRP	84

9. Bibliografia

1. Edward Smeeney, David B. Grant, D. John Mangan (2018). Strategic adoption of logistics and supply chain management. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 38, No.3 .
2. Kortabarria, A., Apaolaza, U., Lizzarralde, A., & Amorortu, I. (2018). Material Management without Forecasting: from MRP to Demand Driven MRP. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(4), 632-650.
3. Hong, Paul ; Leffakis, Zachary Moran (2017). Managing demand variability and operational effectiveness: case of lean improvement programmes and MRP planning integration. *Production Planning & Control*, Vol.28(13), pp.1066-1080.
4. Qinyun Li & Stephen M. Disney (2016). Revisiting rescheduling: MRP nervousness and the bullwhip effect. *International Journal of Production Research*, Vol. 55, pp.1992-2012.
5. John T. Mentzer William DeWitt James S. Keebler Soonhong Min Nancy W. Nix Carlo D. Smith Zach G. Zacharia (2011). Defining supply chain management. *Journal of business logistic* Vol 22.
6. Sergio Cavalieri, Roberto Pinto, Orientare al successo la *supply chain*. Isedi (2015).
7. Romain Miclo, Matthieu Luras, Franck Fontanili; Jacques Lamonthe and Steven A. Melnyk (2019). Demand Driven MRP: assessment of a new approach to materials management. *International Journal of production Research*, Vol.57(1), pp.166-181.
8. Pack, C., & Smith (2016), Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP). South Norwalk, Connecticut: Industrial Press, Inc.
9. Apics, Apics Dictionary, Chicago: Apics, 2013.
10. Voolman, T., & Berry. Manufacturing Planning Control systems. McGraw Hill.
11. Orlicky, J. (1975), Material Requirements Planning, McGraw-Hill, New York.

10. Sitografia

1. Principi del DDMRP e casi di studio.

DDMRP Institute, “demanddriveninstitute.com”.

2. Articolo sul DDMRP.

<https://www.linkedin.com/pulse/ddmrp-italiano-terza-puntata-i-5-passi-del-ivan/>.

3. Informazioni sull’azienda e i suoi prodotti.

<https://www.dayco.com/it/>